

Entwickelungsgeschichte der Natur

Wilhelm Bölsche


HAUSSCHATZ DES WISSENS

Hausschatz des Wissens.

Entwickelungsgeschichte der Natur.

Hausschatz des Wissens.

Abteilung I (Band 1 und 2).

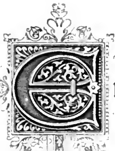
Entwickelungsgeschichte der Natur

von

Wilhelm Bölsche.



Neudamm.
Verlag von J. Neumann.
1894.



Entwickelungsgeschichte der Natur

von

Wilhelm Bölsche.

In zwei Bänden.

Gegen 1000 Abbildungen im Text. Zahlreiche Tafeln in Schwarz- und Farbendruck.

Band I.

Neudamm.
Verlag von J. Neumann.
1894.



Druck von J. Neumann in Neudamm.

Inhalts-Verzeichnis
zum I. Bande.

Einleitung.

Ein großes, weitspannendes Wort: Entwickelungsgeschichte der Natur!

Der Blick schweift dabei über Formen und Farben jeder Art. Und er giebt ihnen Leben, giebt ihnen Ausdehnung über ihr Einzelnes hinaus, schließt sie aneinander zu Reihen, überbietet eins durch das andere, bis in der Fülle der Zusammenschluß wieder entsteht: die große Einheit alles Gewordenen im Naturgesetz, das von der dämmernden Lichtinsel des fernsten Weltenraumes bis herab zum erkennenden Gehirn des Menschen seine unabänderlichen Bahnen zieht.

Von dem Nächsten, der unruhigen Beweglichkeit des höheren Tieres, wendet das Auge sich zur der sanften grünen Decke des irdischen Pflanzenkleides. Aber in den Zweigen geht der Wind, und die Wurzel haftet im Erdreich. Die Erde als Untergrund und oberste Hülle in ihrer harten Kruste wie in ihrem atmosphärischen Mantel erscheint hinter der organischen Welt. Und wiederum von dem tragenden Riesenball fort geht die Betrachtung ins All hinaus, wo Stern um Stern aufflammt, bis endlich sinnliche Schranke da einen Abschluß setzt, wo die Ahnung noch keine Notwendigkeit eines Endes sieht.

Die jüngste Wissenschaft der Kulturmenschheit ist es, deren Warte uns empfangen soll.

So lange ein schrankenloser Tummelplatz der leeren, der voraussetzungsarmen Spekulation und des Mythus, der wohl dem Gemütsbedürfnis, aber nicht der wirklichen Erkenntnis eines großen Naturganzen entsprang, festigt die Entwickelungsgeschichte sich nun endlich sichtbarlich vor unseren Augen zu den Anfängen einer wahren Wissenschaft.

Ihre Lücken, ihre Fehler sind dabei die notwendigen der Jugend. Sie ersetzt sich durch die Frische, die ihr innewohnt; durch den Kontrast der mutigen Kraft, die am Alten, Überlieferten rüttelt, um der Welt zuzurufen, daß sie noch nirgendwo alt ist, wo es Denken gilt! Ein Geist

des Fortschrittes selbst zwingt alles in seinen Bann, was immer dem Begriff der „Entwickelungsgeschichte" nur nahe kommt. Nicht nur die Spezialwissenschaften, in die notwendig und segensreich die Forschung sich auf ihrer harten Bahn hatte zerspalten müssen, gewinnen untereinander wieder einen Anschluß, der eine neue Phase unserer ganzen wissenschaftlichen Arbeit verspricht. Nicht minder wirksam bahnt sich innerhalb des Einzelmaterials mit ihr eine Auferstehung an, sieghaft, wie nur je kühnste Hoffnung sie sich ausgemalt. Die tote Systematik, die zerreißen mußte, was die Natur aneinanderschloß, um eine erste, grobe Ordnung zu schaffen: sie beugt sich kampflos einem neuen, einem höheren Gesichtspunkt. Das Museum, bis zur Decke vollgestapelt mit dem Erwerb langer beschreibender Jahrhunderte, öffnet sich frei für Licht und Luft. Die Knochen sammeln sich wie in der Vision des alten Propheten. Der ganze übergewaltige Mechanismus arbeitet gleichsam noch einmal rückwärts, — seine Räder, seine Ketten schütteln den Rost der Äonen von sich ab und erzeugen neu das Schauspiel ungeheuerster Kraftbethätigung, als dessen kunstvollstes Werk wir selbst einst hervorgetreten sind.

Das Bewußtsein, eine so bedeutsame Stütze zu besitzen, darf uns aber darum nicht leichtsinnig machen. Gläubige im Tempel legen ihre Schuhe ab und schlagen die Augen nieder beim Eintritt. In der Halle freier Wissenschaft gilt es umgekehrt, so fest als möglich aufzutreten und den Blick mit voller Klarheit schweifen zu lassen. Dann genießt man das Unerschütterliche des Bodens, aber man bleibt auch nicht blind für das Drohende, für die Gefahr. Kein Zweifel ja, daß im Moment, da in jener Weise die starre Zahlenreihe sich wieder zum logischen Exempel fügt, das Lernen unvergleichlich viel leichter geworden ist. Am Faden der Entwickelungslehre werden selbst ermüdend lange Linien allerfremdartigster Thatsachen auch dem Laien sehr viel begreiflicher, weil die eine die andere stützt. In den Rahmen des überall vorhandenen Kausalitätsbedürfnisses eingespannt, in die Anschaulichkeit wirklicher geschichtlicher Folge gebracht, gewinnen die Materialien des Fachwissens dem Lernenden einen Spannungsreiz, den niemals zerstückelte Paragraphen eines älteren Lehrbuchs gewähren konnten. Wie die Heldenreihe eines gigantischen Epos treten sie vor ihn hin. Und das ästhetische Gefühl der Erhabenheit ebnet der harten Verstandesarbeit einen Gemütsuntergrund, dessen schon der Naturforscher nicht entbehren kann, den aber der Laie geradezu auf Schritt und Tritt nötig hat, soll ihn anders der Hauch der Wahrheit nicht kalt umwehen und ihn frösteln zwischen den Glutsonnen des Weltalls oder in den Urwäldern einer irdischen Vergangenheit, die nie eines wirklichen Menschen Fuß betreten hat.

Nicht Zufall ist es also, sondern Notwendigkeit, daß gerade die populäre Naturwissenschaft einen unzweideutigen Aufschwung nimmt, seitdem das Entwickelungsprinzip machtvoller und immer machtvoller alle Disziplinen

der Forschung zu durchdringen weiß. Eins aber erscheint mir doch zu wichtig dabei, als daß es nicht gleich in den Anfangsworten meines Buches ausgesprochen werden sollte.

Gewarnt muß werden vor einem Mißverständnis, das gerade jener aktuelle Gesichtspunkt oft fahrlässig verschuldet hat. Der in wissenschaftlichem Denken ungeschulte Mensch, eben dem Dogma auf anderm Boden entwachsen, sucht gern im Resultate der Naturforschung nur wieder ein neues Dogma, dem er sich bedingungslos anvertrauen will. Nicht befriedigt, wenn ihm der Forscher ein erstes, ahnendes Begreifen vollkommenen Zusammenschlusses der bisher ergründeten Naturerscheinungen als „Ziel, aufs innigste zu wünschen“ hinstellt, möchte er die ganze Arbeit in viel weiterem Sinne gethan sehen, wenn er das Museum betritt. Der schrankenlosesten Hypothese ergiebt er sich lieber mit unbedingter Gläubigkeit, als daß er mit dem echten Forscher auch dem Zweifel, der Lücke ihr Recht läßt und die junge Wissenschaft des Werdens als eine werdende Wissenschaft der Jungen faßt, deren Zauber vielfach gerade in diesem eigenen Werden liegt. Kommt der populäre Darsteller diesem Drange des Unkundigen allzueifrig entgegen, so stellt sich als schlimme Folge sehr leicht eine rasch um sich greifende Blasiertheit ein. Im Fluge ist der Blick des eiligen Besuchers über die aufgehäuften Schätze hingejagt. Mußte ihm dann selbst der zuvorkommendste Führer schließlich verraten, daß gewisse letzte Fragen auch der lückenlosesten Entwickelungsgeschichte der Natur vorläufig unlösbar bleiben, so erscheint nachträglich wohl der ganze Gewinn arm, und es regt sich eine Verstimmung gegen die Wissenschaft, die Rückfällen bedenklichster Art in eine trügerische, aber stets verheißungsvolle Sphäre durchaus unwissenschaftlichen Denkens Thür und Thor öffnet.

Der Besonnene wird dem gegenüber auf seiner Hut sein. Er wird wohl den Faden eines großen Entwickelungsganges mit Freuden als solchen zum Zwecke seiner Belehrung benutzen. Er wird ihn im Titel schon und fort und fort bei jeder Einzelheit mit Nachdruck zu betonen wissen. Aber er wird auch bei jeder passenden Gelegenheit einschärfen, daß die Wissenschaft sich im Flusse befindet. Als echter Vertreter der Wahrheitsforschung wird er vor allem Achtung vor den Thatsachen beizubringen suchen. Dazu ist die Kehrseite von selbst Wahrung berechtigten Vorbehalts bei allem bloß Vermutlichen und unumwundenes Eingeständnis unseres vorläufigen Nichtwissens vor zahlreichen Punkten der Entwickelungsgeschichte. Er gewinnt dabei, daß der Hörer früher zum Selbstdenken gezwungen wird und sich früh daran gewöhnt, wie auch das beste Wissen seiner Zeit noch lange nicht die Erfüllung, sondern nur Phase eines großen Emporganges ist. Und er erreicht damit zugleich, daß derselbe Hörer nicht durch jähen Absturz, sondern Schritt für Schritt endlich dem großen Eingeständnis über unsere vollkommene und zunächst auch mit gar keiner Hypothese zu

überbrückende Unkenntnis vor den letzten Ursachfragen der Natur entgegengeführt wird. Statt der Blasiertheit wird sich dann gerade hier wahrscheinlich unschwer jenes Resultat einstellen, zu dem die besonnensten und edelsten Männer der Forschung sich seit langem durchgerungen haben: daß nämlich in diesen äußersten Dingen eine vorläufige, anständige Geduld, die deshalb sich noch nicht völlig der Hoffnung zu entschlagen braucht, das Ratsamste sei.

Ich darf diese Behauptung um so unbefangener an die Spitze meiner Arbeit stellen, als ich im Innersten die Überzeugung hege, daß der wahre Reiz eines auch nur kursorischen Studiums der Entwickelungsgeschichte der Natur durch jene Einschränkung in keiner Weise beeinträchtigt wird. Die Macht und Fülle gerade der Thatsachen, die zur Sprache kommen, ist so groß, daß bei richtiger Verteilung in ihnen Stoff genug liegt, um den Wunsch nach noch größerer Vollständigkeit in jener übertriebenen, blasierten Form ganz auszuschließen. Mit Alexander von Humboldt bin ich der Ansicht, daß jenes einseitige Sichsteifen auf die letzten Rätselfragen, von deren zeitlicher Unlösbarkeit man in gewissen Kreisen immer wieder nur zu gern den Kulturwert der Naturforschung abhängig machen möchte, wesentlich in solchen Köpfen entsteht, die gar keine Ahnung besitzen von der wirklichen Größe, dem Reichtum und der Schönheit der bereits zu voller Klarheit erforschten Gebiete der Naturwissenschaft. Ihr Verfahren hat eine große Ähnlichkeit mit dem eines Menschen, der von den Errungenschaften moderner Astronomie nichts weiß und wissen will, der aber bei jeder vorkommenden Gelegenheit betont, daß die ganze Astronomie uns nichts über die (ewig von der Erde abgewandte) Rückseite des Mondes mitzuteilen wisse. In Wahrheit ist das, was wir von der Natur und ihrem Entwickelungsgang schon heute mit Sicherheit kennen, sehr viel mehr, als der bewunderungsfähigste und lernbegierigste Mensch in einem ganzen Leben zu fassen vermöchte. Und der Fortschritt ist ein so rapider, daß die Gefahr viel näher liegt, bei jedem Versuche der Fixierung zurückzubleiben, als in die Öde zu geraten, wo die Pflugschar noch keinen Kulturgrund geschaffen hat. Vor jetzt einem vollen halben Jahrhundert mühte sich Alexander von Humboldt in seinem wundervollen Buche vom „Kosmos“*) zum erstenmal,

*) Das griechische Wort „Kosmos“ bedeutete zur Zeit, da die homerischen Gesänge entstanden, so viel wie „Schmuck“ und „Ordnung“. Pythagoras und nach ihm die späteren Philosophen benutzten es dann, wie Humboldt sich ausdrückt, zur „wissenschaftlichen Bezeichnung der Wohlgeordnetheit der Welt, ja der ganzen Masse des Raumerfüllenden, d. i. des Weltalls, selbst.“ Humboldts Buch gab ein Bild dieses Alls, wie es, von Naturgesetzen in der That „wohl geordnet“ vor uns steht, und nannte sich folgerichtig „Kosmos“. Auch in meiner hier folgenden Darstellung ist das Wort oft und gern in diesem Sinne als gleichbedeutend mit „gesetzlich geregeltem Naturganzen“ angewandt.



Alexander von Humboldt.
Jugendporträt in der Tracht seiner amerikanischen Reise. Gemalt von F. G. Weitsch.

ein Gemälde der Gesamtnatur auf modernen Prinzipien und im wesentlichen auch schon unter Leitung des Entwickelungsgedankens zu entwerfen. Gerade im Moment aber, da er die Feder aus der Hand legte, floß an unerwarteten Stellen eine neue, förmlich berauschende Fülle von Licht in die Forschung selbst. Im stillen Kabinett des Physikers enträtselte sich jäh durch die Farbensprache des zerspaltenen Lichtstrahls die chemische Natur der fernsten Lichtäußerungen des Alls. Durch unmittelbarste stoff-



Charles Darwin.
Nach einer Photographie von Elliot & Grey in London.

liche Verwandtschaft rückten da Gebilde der Natur zusammen, die uralte Kraftverhältnisse Millionen und Billionen Meilen voneinander gebannt, und der spekulierende Denkertraum, der längst die ganze Formenreihe der Weltkörper zu einheitlicher Entwickelungslinie vom Urnebel bis zum erkalteten, bewohnbaren Planeten hypothetisch verknüpft, durfte sich für die Folge anlehnen an wirkliche, der Beobachtung zugängliche Bilder des Firmaments. Gleichzeitig gelang es Darwin, der Fort- und Umbildungsidee auf dem Riesengebiete der organischen Welt, im Reiche der Pflanzen und der Tiere, eine konkrete Gestalt zu geben, die, wie sehr auch das einzelne noch Problem der Zukunft blieb, doch über den allgemeinen

natürlichen Zusammenhang auch nach dieser wichtigen Seite hin gar keinen Zweifel mehr ließ. Ins innerste Mark der großen Einheitsfrage endlich drang die Begründung des **Gesetzes von der Erhaltung der Energie**, das wir, obwohl es erst nachträglich in dieser Form gewonnen wurde, heute geneigt sind, bei der ganzen Konstruktion unseres Kosmos zu Grunde zu legen.

Alle drei Entdeckungen stehen nicht isoliert, aber doch in hervor-



Julius Robert Mayer,
der Entdecker des Gesetzes von der Erhaltung der Energie.

stechender Weise bedeutsam an der Schwelle der neueren, vervollkommneten Entwickelungslehre.

Zumal mit den beiden ersten war empirisch der Kreis geschlossen vom denkbar Einfachsten zum denkbar Kompliziertesten in der erkennbaren Welt. Von den glühenden, wenig differenzierten Dunstmassen des äußersten Weltraums jenseits unserer Fixsterninsel bis heran zu den unendlich verwickelten, aber dem Gesetz von der Erhaltung der Kraft keineswegs entzogenen Prozessen unseres Nervensystems konnte nunmehr der wirkliche Umriß der ganzen Bahn mit einer fortschreitenden Kette greif- und meßbarer Objekte belegt werden, über deren wirkliche geschichtliche Umwandlung

aus- und ineinander dann die Theorie sich vermutungsweise im einzelnen aussprechen durfte, ohne vom Boden allein ersprießlicher „wissenschaftlicher Phantasie“ sich in das Nebelland mystisch-phantastischer Spielereien verirren zu müssen.

Wie die Entwickelungsgeschichte der Natur jetzt, so dicht vor dem Ende des unvergleichlich fruchtbaren neunzehnten Jahrhunderts vor uns steht, gleicht sie trotz ihrer Jugend und Jugendlichkeit einem gewaltigen Baume, breit genug bereits von Ästen, um seinen Schatten hinabzusenken über jegliche Form menschlicher Geistesthätigkeit. Wie ein Traumesalp, den der erwachende klare Sinn lächelnd und kraftbewußt verneint, schwinden vor ihr allenthalben die drückenden Gebilde einer ehrwürdigen, aber nun doch ausgelebten Völkertradition, die in enge Schranken das Gewordene zwang und naiv ihre kleinen Menschenwünsche hineinschrieb in das Buch der Natur. — unkundig, daß diese Natur unmeßbar weit hinausreichte über das ganze Menschendasein, bis in Zeiten hinüber, vor denen die menschliche „Weltgeschichte“ mit ihren paar Jahrtausenden fast zum Nichts zusammenschwand.

Es ist wichtig, gerade bei dem letzteren Punkte einen Moment zu einleitendem Zweck zu verweilen: bei der Zeitfrage. Nichts giebt leicht ein schärferes Bild vom Umfang unserer Aufgabe, — von ihrer Schwierigkeit, aber auch von ihrer Erhabenheit.

Je mehr die Entwickelungsgeschichte sich mit wirklichen Thatsachenreihen füllte, desto sinnfälliger mußten die kolossalen Zeitmaße werden, die für den Gang der Gesamtentwickelung bis zu der uns gesteckten Grenze in Betracht kommen. Im engen Philosophenzimmer mag es raschem Kombinationsvermögen ein Leichtes scheinen, vom geballten Urnebel den Weg zurückzulegen zum bewohnbaren Erdsphäroid und weiter durch die wechselnde Formenfülle der niederen und höheren Organismen bis zum Menschen, ja bis zum Kulturmenschen des gegenwärtigen Tages herauf; es wird vielleicht stillschweigend vorausgesetzt, daß Millionen von Jahren zu diesem Prozeß nötig seien, — der Geist aber benutzt diese Millionen beruhigt als feste Leitersprossen, an denen er emporklimmt und die er selbst als solche nicht weiter zu untersuchen oder auch nur sich zu vergegenwärtigen braucht. Die Einleitung zu einem Naturgemälde, das den Werdegang der Welt nicht schnellfertig spekulativ gestalten will, sondern sich entschließt, den schwereren, doch auch lohnenderen Weg an sinnlich greifbaren, den Thatsachen entnommenen Bildern vorbei einzuschlagen, muß es sich dagegen als ganz besondere Aufgabe setzen, gleich zu Beginn eine möglichst plastische Vorstellung von der wirklich kolossalen zeitlichen Ausdehnung ihres Objekts zu erwecken. Der nackte Begriff einer Million oder gar einer Milliarde

oder Billion — seien es nun geographische Meilen oder Kalenderjahre — ist an sich kein echter Baustein für das Verständnis, da dem menschlichen Auffassungsvermögen jedes direkte Bild der damit bezeichneten ungeheuerlichen Raum- oder Zeitspanne seiner Erfahrung gemäß notwendig mangelt. Man hat zur Veranschaulichung wenigstens der riesigen Zeit einer „Million Jahre“ am Bilde eines unseren Sinnen noch faßbaren Raumverhältnisses gelegentlich folgendes vorgeschlagen. Man ziehe einen schmalen Papierstreifen von 83 Fuß 4 Zoll Länge an der Wand eines großen Saales entlang; an einem Ende bezeichne man das Zehntel eines Zolles; dieses winzige Zehntel bedeute nunmehr ein Jahrhundert, — so ist der ganze Streifen eine „Million“. Darwin, der das Beispiel citiert, fügt aber selbst bei, man müsse sich nun erst ein scharfes Bild davon machen, was für den uns sichtbaren Teil der Weltentwickelung und unser eigenes Erleben schon ein einziges Jahrhundert besage! Und wir müssen ähnlich auch über das an sich schon ganz lehrreiche Exempel weggreifen, um dem Satze, daß die Entwickelungsgeschichte der Natur uns über Millionen von Jahren hinführen werde, eine bildliche, vorstellungsfähige Stütze zu geben.

Das Jahrhundertende, in dem wir uns befinden, umschließt die vierhundertjährige Jubelfeier der Entdeckung Amerikas. Diesen Zeitraum können wir uns ungefähr in seiner Totalität vergegenwärtigen, wenn auch die Bilderfülle eine fast erdrückende ist. Die Masse der Umwandlungen, die er birgt, ist eine enorme. Man braucht sich nur an das äußere Porträt jener spanischen Entdecker und Eroberer zu erinnern, die den Boden der neuen Welt zum erstenmal betraten, mit ihren Rüstungen, ihren Glaubensfahnen, ihren spanischen Lokalinteressen. Die geographische Kenntnis war nach Ost wie West so gering, daß Columbus im Glauben starb, die östlichsten Inseln von Asien entdeckt zu haben. Heute besucht der Japanese unsere Hochschulen, und Amerika steht in vieler Hinsicht an der Spitze aller Kulturländer der Welt, nachdem allerdings eine ihm eigentümliche erste Kultur, die Cortes und Pizarro in Mexiko und Peru noch vorfanden, spurlos verschwunden ist.

Eine botanische Kleinigkeit mag diese Kontraste verschärfen helfen. Für den Reisenden, der heute die Mittelmeerländer besucht, sind die hartblättrige, wie in Metall gegossene Agave (Agave Americana) mit ihren märchenhaften, kandelaberartigen Blütenschäften und der formlose, halb verholzte, halb breiig weiche, mit rötlichen Früchten barock beklebte Feigenkaktus (Opuntia) recht eigentlich die Charakterpflanzen dieser vegetationsarmen Insel- und Küstengebiete; auf keinem Bilde Neapels wird man sie missen, sie begleiten den Wandrer in die steinige Öde des inneren Siziliens und drüben tief ins Herz der afrikanischen Sandwüste, zu den Marmorsäulen hellenischer Pracht, wie in die entwässerten Grabstätten des traurigen

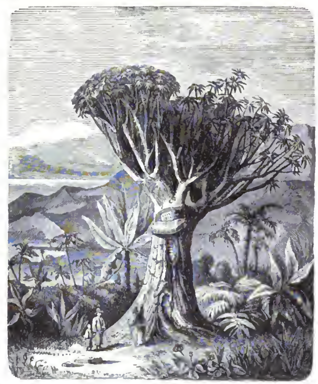


Blühende Agave (sogenannte hundertjährige Aloe, (Agáve Americana)
am Golf von Neapel — heute Charakterpflanze der Mittelmeerländer, aber erst seit der Entdeckung Amerikas aus Mexiko eingewandert: ein typisches Beispiel von Umwandlungen eines Landschaftsbildes innerhalb weniger Jahrhunderte. (Nach einer Photographie von Sommer & Sohn in Neapel.)

kleinasiatischen Kulturbankerotts und vor die Pyramiden Ägyptens; Agave und Opuntia sind aber beide nachweislich amerikanischen Ursprungs; sie waren fremd der klassischen Zeit und sind erst innerhalb dieser vier Jahrhunderte nach Columbus erobernd eingedrungen in das ihnen günstige Terrain des Mittelmeerbeckens, vom Menschen vermittelt anfangs und begünstigt, aber auch dem Menschen entwachsen und vorgerückt bis an Orte, die seine Kultur nicht mehr berührt.

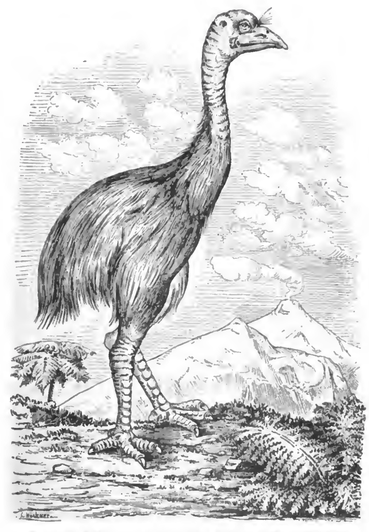
Trotzdem sind vierhundert Jahre eine außerordentlich geringe Zeit, gemessen an der Gesamtheit menschlicher Kultur selbst und menschlichen Einwirkens auf die Naturumgebung überhaupt. Jene Spanier der Tage von Ferdinand und Isabella in ihren Panzern und mit ihrer Goldgier und ihrem Glaubensfanatismus, — sie selbst wußten sich doch schon als Streiter eines fünfzehnten Jahrhunderts nach dem großen Einschnitt in der Kultur, den die Regierung des ersten römischen Kaisers, des Augustus, und das zweifelhafte Geburtsdatum des Jesus Christus bezeichnen, und sie datierten selbst in den Grenzen ihrer engen religiösen Befangenheit und positiven geschichtlichen Unkenntnis die Zeitdauer der ganzen Kulturmenschheit seit der mythischen Sündflut auf mehrere Jahrtausende. Lassen wir, ohne die Sündflutfrage jetzt hier zu berühren, diesen Zeitsatz als einen immerhin beträchtlichen gelten und suchen dem Begriff „einiger Jahrtausende“ bildlich nahe zu kommen. Die Sündfluttradition so gut wie die Kenntnis sehr alter Kulturzeiten schlechthin stützte sich für jene Spanier auf Berichte des sogenannten alten Testamentes, welche (ohne Gewähr, wie wir heute wissen) dem jüdischen Gesetzgeber Mose zugeschrieben wurden. Mose ist, soweit seine Existenz überhaupt feststeht, für uns heute jedenfalls eine Gestalt, die im weitesten Mittel etwa drei Jahrtausende von Columbus entfernt sein mag. Um diese Zeit rückwärts verschwindet der Erdteil, der uns in der Gegenwart der unbedingt vertrauteste ist und den jene Spanier bereits als uraltes Erbe inne hatten, Europa, nahezu vollständig aus der Geschichte. Nordeuropa liegt begraben unter einem Gewirre von sumpfigen Urwäldern, deren Tierwelt allein schon einen deutlichen Begriff giebt, wie weit wir uns von der Gegenwart entfernt haben. Mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit läßt sich das Vordringen schweifender Renntierherden bis nach Deutschland behaupten; das Vorkommen des grotesken, heute völlig ausgestorbenen Riesenhirsches mit fast 4 Metern Spannweite des Geweihs ist nicht ganz ausgeschlossen; jedenfalls bevölkerten die Sumpfdickichte Scharen des Elentiers, des schwarzen, flachhörnigen Urstiers und des jetzt auch nahezu ausgerotteten braunwolligen Wisentochsen neben Bären und Wölfen, und zu den fremdartigen Tiergestalten gesellt sich von Pflanzen die Eibe (Taxus), die als Waldbaum uns jetzt längst eine botanische Merkwürdigkeit geworden ist. Sicherlich das Jordanthal und wahrscheinlich sogar den „klassischen“ Boden von Hellas macht der Löwe unsicher, was heute märchen-

haft wie die Sagen von Herkules klingt. Italien, das Land, „wo die Citronen blühn", kennt unter einer unwirtlichen Eichenhülle weder Anpflanzungen von Orangen und Citronen, noch selbst den Weinstock oder gar die gefiederte Dattelpalme. Auf der andern, allerdings kulturell völlig abgesonderten Erdhemisphäre ist jene von Cortes und Pizarro so sehr viel



Uralter Drachenbaum (Dracaena draco) in Orotava auf der Insel Teneriffa.
Der Stamm maß 1799 über der Wurzel gegen $12\frac{4}{5}$ m im Umfang bei etwas über 20 m Höhe. Im Jahre 1402 soll der Baum schon den gleichen Anblick wie in unserm Jahrhundert gewährt haben, im hohlen Stamm soll man Messen gelesen haben. Am 2. Januar 1868 erlag diese geheimnisvolle lebendige Ruine aus fernen Jahrtausenden einem Sturme.

später entdeckte und zermalmte autochthone Kultur Mexikos und der südamerikanischen Hochlande noch nicht einmal angelegt. Auf Neu-Seeland wandeln schwerfällige, flugunfähige Riesenvögel, deren Skelette wir heute mühsam für unsere Museen zusammenfügen — Kolosse, die den afrikanischen Strauß noch um ein Beträchtliches überragten; erst um des Columbus Zeit



Mutmaßliche Gestalt eines neuseeländischen Riesenvogels (Moa, Palapteryx),
nach vollständig erhaltenen Skeletten wiederhergestellt. Die schwerfälligen, völlig flugunfähigen Tiere wurden von dem einwandernden Volke der Maori vollständig ausgerottet, worauf bei den Maori infolge Nahrungsmangels die Menschenfresserei ausbrach.

etwa sollte ihnen durch die Einwanderung des kräftigen polynesischen Volksstammes der Maori der Untergang drohen, bis sie heute bis auf den letzten Kopf verschwunden sind.

Stellt man neben diese fremdartigen Thatsachen aber wieder andere, so erscheint der Raum der drei Jahrtausende auch wieder gering durch den Kontrast. Wenn Humboldts Rechnung auch nur zu Dreivierteln richtig ist, so reckte der gigantische Drachenbaum (Dracaena draco) von Orotava auf der Insel Teneriffa, den 1868 ein Sturm gefällt, bereits kraftvoll seine wunderlichen Grasquasten am nackten Zweigende der flammenden Atlantis-Sonne entgegen, als Mose auf Sinai stand. Von einzelnen Eiben und Cypressen, deren dunkle Laubmasse heute noch im Winde schwankt, hat ziemlich sicher der Keim gesproßt, als — im Sinne der Mose-Legende — die Stimme des Herrn aus dem Dornbusch erscholl. Das sind lebendige, atmende, sauerstoffhauchende Zeugen der scheinbar so entlegenen Zeit!

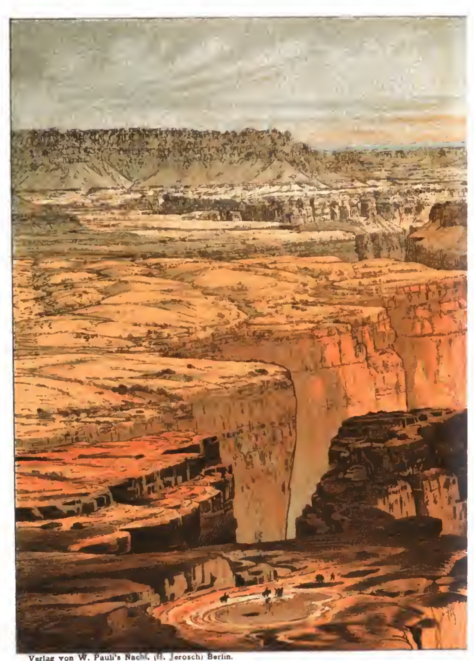
Aber auch am Maße nur der asiatisch-afrikanischen Menschheitskultur gemessen, deren Produkt jener Mose selbst war, gewinnt sein Bild jäh etwas förmlich Jugendliches. Um die Zeit des Mose stand höchster Wahrscheinlichkeit nach die chinesische Kultur schon sehr geraume Zeit in Blüte. Ganz zweifellos lagen wenigstens zwei Jahrtausende ägyptischer Kultur bereits vor. Die Pyramiden der alten Könige, in deren mathematisch starren Kanten ein schon sehr verwickelter Glaube und eine sehr hoch organisierte Herrschermacht sich gleichsam für die Ewigkeit krystallisiert, grüßten längst vom gelben Wüstenrande die grüne Schlammniederung des Nil, — die riesige Sphinx zu ihren Füßen war schon vor Alter ausbesserungsbedürftig gewesen, als Cheops die erste bauen ließ! Und die große semitische Völkerwanderung, in die das Volk des Mose hineingehört, mußte, um an den roten Felsen der Sinaihalbinsel anbranden zu können, selbst schon lange vorher über die babylonische Stromebene hingeflutet sein: dort aber hatte sie bei ihrer Ankunft die mächtig entwickelte sumerisch-akkadische Kultur bereits vorgefunden!

Im Nebel der chinesischen, der ägyptischen und der vorsemitisch-babylonischen Grenzdaten erlischt dann die eigentliche historische Tradition. Es schwinden aber auch jetzt nicht die Thatsachen als annähernd sichere Wegweiser endlos dahinter aufdämmernder Zeitabschnitte. Die Keilschrifttafeln und die schimmernde Farbenwelt ägyptischer Bilderschrift verstummen, aber die Steine, auf die der Mensch keine Zeichen mehr schreibt, heben selbst zu reden an: Moses verblaßt, aber die Stimme dessen, was vor ihm war, erdröhnt machtvoller jetzt aus dem Granit seines Sinai hervor in der Sprache der Wissenschaft. An die Stelle des Mythus von der Sündflut (ursprünglich Sint-Flut, das heißt: große Flut), der den Horizont sagenfroher Jugend der orientalischen und vom Orient beeinflußten Kulturvölker abschloß, schiebt sich das jedenfalls nicht minder merkwürdige, wenn

auch weniger radikale Phänomen der **Eiszeit**. Wenn es wahr ist, daß die Libanoncedern auf altem Gletscherschutt, auf sogenannten „Moränen“, stehen, so braucht der Blick, der bei Mose verweilte, sich nur wenig nördlich zu wenden, um von den bizarren Urgestein-Kuppen der Sinaihalbinsel aus einem Gebiete zu begegnen, das noch greifbar die Spuren jener merkwürdigen Kälteperiode der nördlichen Hemisphäre an sich trägt. Es sind aber neue und sehr große Zeiträume, die sich hier eindrängen, viel größer als alle früheren. Nicht nur spätere Kulturländer erscheinen in ihnen öde oder nach Pflanzenwuchs und Tierleben fremd: die **klimatischen Verhältnisse** werden direkt einem ungeheuren Wechsel unterworfen, die **Grenzen der Erdteile** schwanken, Land und Wasser verteilt sich anders, und jede besonnene Beobachtung widerspricht dabei der Annahme, daß irgend eine dieser Wandlungen in Form einer jähen Revolution sich vollzogen habe, ja auch nur irgendwie rascher vorwärts geeilt sei, als analoge Prozesse im Laufe der nach Zahlen bekannten Geschichte; wenn aber innerhalb der letzteren in den großen Zügen der Ländergestalt, in der Verteilung von Land und Meer oder in den atmosphärischen Vorgängen ähnlich entscheidende Schiebungen **nicht** stattgefunden haben, so spricht das evident für das Verschwinden der fünf- bis sechstausend Jahre überlieferter Geschichte gegenüber den Zeiträumen der Eiszeit und ihrer Ausläufer. Aus einem warmen Lande mit üppigem Waldwuchs wurde Europa in dieser Epoche teilweise zu einer Eiswüste umgestaltet, wie sie heute dem kühnen Pionier in dem grausig öden Eisspiegel des inneren Grönland entgegengähnt. Wo das Eis fehlte oder in einer etwas gemäßigteren Zwischenzeit zurückwich, entwickelte sich eine Steppenlandschaft, vergleichbar der heutigen nordsibirischen. Wieder dann noch in derselben Epoche schmolzen die ungeheuren Tatzen der Gletscher, die sich von den Alpen über Schwaben und das Rhonethal weg, von Skandinavien gar über die noch fehlende Ostsee bis nach Nord-Deutschland hinein vorgestreckt, bis auf die heutigen Reste zusammen und aus der Steppe ward jetzt erst jenes Dickicht der Renntiere und Urochsen, das uns um die Epoche des Mose schon wie eine Sage urältester Vergangenheit angeschaut. Während derselben Zeit (wenigstens ungefähr) wühlt sich der Colorado-Strom in Nordamerika langsam, unendlich langsam nagend eine Schlucht aus von über 200 englischen Meilen Länge und 5—12 Meilen Breite, die bis zu 2000 m Tiefe in die umgebende Plateaufläche einschneidet .... eine einzige Angabe, die genügen dürfte, um eine Ahnung zu wecken, wie lang die Zeiträume sein mußten, die hier in Frage kommen! Und dennoch ist selbst diese ganze Kälteepoche insofern noch außerordentlich eng mit unseren Kulturjahrtausenden verknüpft, als der **Mensch unleugbar die Eiszeit mit durchgemacht** hat, und zwar allem Anschein, allen Funden nach nicht einmal der älteste, also niedrigste, affenähnlichste Mensch, sondern der Mensch als Träger wenigstens einer gewissen einfachen Kultur, die erst



Aletschgletscher.
Nach einer Photographie von Sommer & Sohn in Neapel



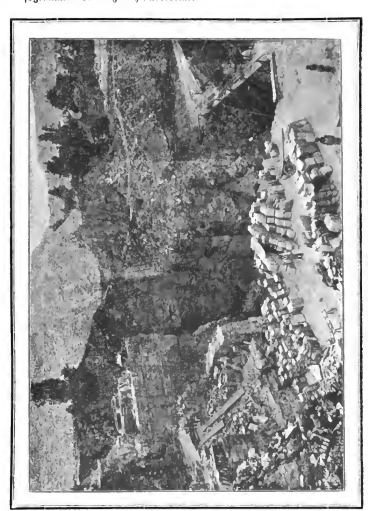
Verlag von W. Pauli's Nachf. (H. Jerosch) Berlin.

Der „grand cañon“ des Colorad



-Flusses in Nord-Amerika.

Rückschlüsse erlaubt auf einen vorerst noch unbekannten, echten Urmenschen einer noch früheren Epoche jenseits der großen Vergletscherung, der in die sogenannte Tertiärzeit hinüberdeutet.



Aus den Schieferbrüchen bei Solnhofen.
Fundort zahlreicher Tierreste aus der Jura-Periode, darunter des Urvogels (Archaeopteryx).
(Nach einer Photographie.)

In Wahrheit stehen wir, was wirkliche Zeitmaße der Erdgeschichte anbetrifft, mit jener ganzen Eis- oder Diluvialperiode einschließlich der

gesamten Jahrtausende nachfolgender menschlicher Kultur lediglich nur vor dem ersten Blatt eines sehr dicken Bandes und sind, obwohl die Tradition längst verstummt ist, noch nicht einmal über die allernächste Voraussetzung der späteren Kultur hinausgerückt. Erst jenseits dieser Gletscherepoche hebt das Reich an der vom Menschen und seiner „Geschichte“ unabhängigen Vorwelt. Damit aber tritt wieder eine neue Verlängerung der Zeiträume ein. Es folgen jene einzelnen, nur in unseren Systemen der Bequemlichkeit halber ganz scharf durch Namen gesonderten geologischen Perioden, deren Wasserniederschläge sehr allmählich unsere verschiedenen Sedimentgesteine aufgehäuft haben, die sich dem Schema nach wie eine Reihe dünner Häute um die Erstarrungsrinde der Erde herumlegen.*) Dünn sind diese geschichteten Häute, gemessen am Durchmesser des Erdballs. Für menschliche Oberflächenverhältnisse, menschliche Schächte und Bohrlöcher sind sie aber geradezu ungeheuer an Masse. In den verschiedenen Teilen Großbritanniens liegen nach einer Schätzung, die u. a. Darwin als beweisend benutzt hat, Sedimentschichten in einer Gesamtmächtigkeit von über 72,000 Fuß (zwischen 13 und 14 englische Meilen), und dabei sind hier einige Formationen nur mit winzigen Ziffern vertreten, die auf dem Kontinent tausende von Fuß Mächtigkeit haben. Eine grobe Schätzung allgemeinerer Art fixiert die Masse aller Sedimente überhaupt auf circa 130,000 Fuß, wobei zu bemerken ist, daß wir die Basis der ältesten, der sogenannten archäischen Schichten, überhaupt noch nicht kennen, also immer der Gefahr ausgesetzt bleiben, die Ziffern zu niedrig zu greifen. Und doch handelt es sich beim Absatz so enormer Gesteinsmassen um verhältnismäßig winzige Ursachen: ein langsames Zerstörtwerden der festen Erdoberfläche durch chemische Wirkung von Luft und Regenwasser und durch Temperaturdifferenzen, um ein nicht minder langsames Zermahlen der losgebröckelten Fragmente durch das Fluß- und Meerwasser, das zu einer später erhärtenden Schlammbildung führt, — lauter Prozesse, die mit kleinsten Mitteln arbeiten und allen unseren Erfahrungen nach entsprechend kolossalste Zeitabschnitte zu solcher Summierung zu kolossalsten Gesamtwirkungen nötig haben. Reste gesellig lebender Seetiere ziemlich niedriger Art, wie die Kalkteile riffbildender Korallen, haben in mehreren jener Epochen trotz ihrer individuellen Kleinheit ebenfalls Gesteinsmassen von unglaublicher Dicke erzeugt, für deren Entstehungsdauer nur allergrößte Ziffern angesetzt werden dürfen. Die Reihe der mit landläufigen Namen bezeichneten Formationen (Kreide, Jura, Trias, Steinkohle u. s. w.) ist allerdings an sich keine sehr lange. Bedenkt man aber, daß jede dieser

*) Sedimentgesteine oder Sedimente = geschichtete, vom Wasser als Schlamm und Sand abgesetzte Gesteine. Der Gegensatz ist: Massengesteine (Granit, Trachyt, Basalt), die aus heißem, geschmolzenem Zustand erstarrt sind.

großen chronologischen Rubriken in ganze Sträuße von Unterabteilungen sich zerspellt (deren beispielsweise die Juraformation über 30 zählt, und zwar jede einzelne von der Länge der Jetztzeit und Diluvialzeit zusammengenommen), so bekommt man eine Ahnung, daß hier die Grenze der „Jahrhunderttausende“ ganz unbedingt bereits überschritten ist und in der Dicke jener Meeresablagerungen von Dutzenden von Meilen Durchmesser die erste unzweideutige Handschrift der „Million“ erscheint. Fremdartig und immer fremdartiger wird ja auch, was in ihrer Nähe auftaucht an Spuren und Versteinerungen organischen Daseins: mitten aus dem zu Schieferstein erhärteten Schlamm und zerriebenen Korallenkalk tritt uns in mehr oder minder gut erhaltenen Abdrücken Phase um Phase einer veränderten, einer jugendlicheren Tier- und Pflanzenwelt entgegen. Den kunstvollen Luftleib des beschwingten Vogels gewahrt der erstaunte Blick herauswachsend, gleichsam Glied für Glied sich loskrystallisierend aus der plumpen Gestalt des Reptils; das Reptil selbst neigt sich zum Amphibium, zum Fisch — und auch hier lehrt besonnenes Nachdenken, daß so fundamentale Verwandlungen nicht vor sich gehen konnten in kurzer Frist, daß vielmehr fundamentalste Existenzveränderungen, die an sich schon endlose Zeiten bedingen, langsam hier ihren Druck bethätigt und die Formen weiter und weiter angepaßt haben müssen.

Und dennoch ist mit dem Sedimentgestein und seinen Tier- und Pflanzenresten die Erdgeschichte lange nicht erschöpft. Nachdem eine letzte, längste Epoche von Wasserniederschlägen, die, später in ihrer Struktur verwandelt, keinerlei Aufschluß mehr über das organische Leben ihrer Bildungszeit geben, vorüber, öffnet sich eine vage Aussicht auf eine Erde vor der Existenz von Organismen, auf eine allerälteste Urzeit hochgradiger Erhitzung der gesamten Erdkugel, mit welcher der später verdunkelte Planet zum selbstleuchtenden Stern wird. Von dieser Stelle gerade, wo in der That das glühende und dann sich abkühlende Sphäroid als Ganzes dereinst einmal Gegenstand exakt rechnender Physik werden könnte, wenn eine Reihe scharfer Bedingungen erfüllt wären, hat eine immerhin wertvolle Spekulation schon jetzt eine theoretische Zahlenangabe über die seit Erstarrung der Kruste verflossene wirkliche Zeit nach Jahren genau aufzustellen versucht. Die Resultate William Thomsons führen zu einem wahrscheinlichen Mittelwert zwischen 90 und 200 Millionen Jahren. Problematisch, wie die Rechnung an sich noch ist, greift sie doch höchstwahrscheinlich nicht zu hoch, sondern eher zu niedrig. Und so treffen wir hier bereits auf eine Häufung der Millionen, die nichts zu wünschen übrig läßt.

Noch einmal aber selbst nach diesem zwingt uns die einfache Thatsachenreihe, die mit jener Spekulation durchaus nichts weiter zu thun hat, zu einer letzten, allerungeheuerlichsten Erweiterung des Zeithorizontes:



Abdruck eines eidechsenartigen Ur-Vogels (Archaeopteryx macrura R. Owen) aus dem Schiefer von Solnhofen. In den Kiefern sitzen Zähne; der Schwanz ist ein langer Eidechsenschwanz mit je zwei großen Federn an jedem Wirbel. Das hier dargestellte, gut erhaltene Exemplar befindet sich im Berliner Museum für Naturkunde. Für unsere Zeichnung ist zu Grunde gelegt die vorzügliche Tafel aus „Dames und Kayser, Paläontologische Abhandlungen. Band 2, Heft 3. (Berlin bei Reimer 1884.)“

wenn wir nämlich von der Erde als einem anfänglich selbstleuchtenden Stern zu den glühenden Gebilden des Weltraums, den Sonnen und Nebelflecken, übergehen. Die Fülle der Analogien ist so zwingend, daß wir es müssen. Ein eigentümliches Verhältnis kommt uns auf dieser äußersten Stufe entgegen. Durch eine seltsame Verkettung nämlich vermischt sich hier räumliche Entfernung mit exakten Zeitangaben. Die vermittelnde Bewegung, die unseren Sinnen die deutlichste Kunde giebt von der Existenz außerirdischer Weltkörper, das Licht, wird von selbst zum Meßapparat für gewisse Zeiträume in der Existenz jener Körper. Das Licht pflanzt sich im Raume fort mit einer Geschwindigkeit von 40,000 Meilen in der Sekunde. Nun handelt es sich aber bei den Sonnen und Nebeln außerhalb der Erde um Entfernungen von dieser Erde selbst, in denen jene nicht allzu hohe Ziffer von 40,000 Meilen sehr oft und in immer steigendem Maße aufgeht. Die Sekunden, die der Lichtstrahl braucht, mehren sich entsprechend. Von der Sonne zu uns verbraucht der Strahl bereits 8 ganze Minuten und einige Sekunden (bei 20 Millionen Meilen Entfernung des Sonnenballs vom Erdball), so daß die Lichtpost stets um diese Zeitspanne



Iguanodon Bernissartensis,
riesige Landeidechse der Jura-Periode, die sich aufrecht auf den Hinterfüßen bewegte. Vollständige Skelette wurden 1878 in Belgien aufgefunden.

verspätet eintrifft; ein jähes Verlöschen der Sonne würde erst nach Ablauf jener 8 Minuten von uns bemerkt werden. Nun aber ist der wahrscheinlich nächste Fixstern, der Stern α im Sternbild des Centauren (vorausgesetzt, daß die in solchen Entfernungsbestimmungen noch außerordentlich schwankenden Resultate der Rechnung einigermaßen stimmen), schon einige Billionen Meilen von uns entfernt und sein Licht entsprechend erst nach mehreren Jahren bei uns. Vom Sirius kommt die Lichtpost bereits mit einer Verspätung von 14 Jahren, vom Stern Capella (bei sehr unsicherer Berechnung) mit etwa 42 Jahren Rückstand. Der fernsten Lichtäußerung von der Grenze unseres Fixstern-

systems glaubte Herschel wenigstens zweitausend Jahre zugeben zu müssen. Jenseits der gedrängten Fixsternmasse, der unsere Sonne noch angehört, tauchen aber im öderen Raum jene geheimnisvollen, vielgestaltigen Stoffmassen auf, die man Nebelflecke nennt und deren chemische Zusammensetzung die Spektralanalyse zum Teil erfolgreich zu ergründen begonnen hat. Die Entfernungen wachsen hier ins Ungemessene; und mit den Ent-



Spiralförmiger Nebelfleck im Sternbild der Jagdhunde.
(Nach Lord Rosse.)

fernungen datiert sich im Banne jener Lichtstrahlverzögerung die Geschichte jener Gebilde ins gleichfalls Unermeßliche zurück: was wir heute gewahren, sind Vorgänge und Formen, die in Wahrheit wahrscheinlich lange vor dem Anfang menschlicher Kultur, vielleicht vor Beginn der ältesten geologischen Epochen, vielleicht gar vor der Entstehung oder Isolierung des ursprünglichen irdischen Glutballs existiert haben. Der Nebelflecke ist für unser Suchen bis jetzt kein Ende. Und so auch kein Ende dieser zeitlichen Verschiebung nach

rückwärts. Auch hier wieder stoßen wir auf die Million, bloß daß sie uns noch sinnlich anschaulicher entgegentritt als in der Urgeschichte der Erde selbst — innig verknüpft mit der Gegenwart, mit der Sekunde, da das milde Licht irgend einer solchen einsam schwebenden Nebelinsel fernster Himmelszone nach unermeßlicher Wanderung anspruchslos, wie ein eben aufglimmendes irdisches Lichtwölkchen, in das kunstvolle Teleskop unserer Sternwarte fällt, um uns, nach Humboldts schönem Wort, vielleicht „das älteste sinnliche Zeugnis von dem Dasein der Materie“ zu übermitteln.

Es muß ein starkes Band sein, das dem denkenden Verstande über das erdrückend Gigantische jener Äonen hinaushilft, — das ihm das tröstende Vertrauen zurückgiebt, dennoch die Linie einer einheitlichen Emporentwickelung des Erkennbaren über alle jene Zeitspannen weg unbeirrt verfolgen zu können, — eine Einheit der Dinge sich zurückzuerobern trotz ihres Zerschwimmens in Zeitgrößen, die, abstrakt genommen, überhaupt nicht mehr faßbar sind.

Die Menschheit hat nach einem solchen Bande bereits gesucht, als ihre Weltgeschichte sich noch abgrenzte mit ein paar Königsgeschlechtern, ein paar sagenhaften Erzvätern dieses oder jenes Stammes, hinter denen unmittelbar der „Weltanfang“ stand, und als ihr Himmel noch eine Krystallglocke war, von der herab bis zur Erdfläche wohl eine „Tagereise“ sein mochte.

Und ihr erster, naheliegender Versuch war, das Band für das Ganze zu finden in einem Ziel, nach dem das Ganze ging.

Dieses Ziel war der Mensch.

Um seinetwillen sollten Himmel und Erde sein. Die Sonne ging auf für ihn, und wenn sie sich verdunkelte in unerwartetem Moment, wenn eine schwarze Scheibe geheimnisvoll über sie hinging, so war es, weil der Mensch irgend etwas Böses gethan, was Strafe brachte: der Schatten seiner Sünde war es gleichsam, der als Sonnenfinsternis am Himmel stand. Es war ein trügerisches Band, und es mußte zerreißen, — unter schweren Kämpfen, inmitten eines Schmerzbewußtseins, als sei nun auf ewig jedes Band verloren. Der einschneidende Moment liegt in der Stunde, da, nach einer Gedanken-Vorarbeit von Jahrtausenden, — dem Kopernikus endlich, endlich die Erde sich in Bewegung setzte und mit dem ersten Ruck aus allen Spinnwebfäden einer erträumten Mittelstellung im Weltennetz herausbrach, um fortan nur ein kleiner, kreisender Planet im All zu sein. Von da bis zu der Erkenntnis Darwins, daß auf dieser winzigen Erdkugel nun der Mensch selber wieder nur ein durch ganz individuell-irdische Verhältnisse ermöglichtes Konkurrenzprodukt innerhalb

einer Fülle völlig gleichberechtigter Organismen sei, war dann der kleinere Schritt, obwohl die heiße Fehde über diesen Punkt bis in unsere Tage sich zieht.

Jedenfalls war die ganze Verknüpfung des Weltenwerdens durch den Gesichtspunkt eines „Zieles“ schlechthin beiseite geschoben von dem



Nikolaus Kopernikus.

Gedankenschluß an, daß der Mensch dieses Ziel nicht sein könne. Mochte ein Gesamtziel verborgen stecken in der Welt: jedenfalls existierte es für **uns** dann nicht in dem Sinne, daß wir es für einen wissenschaftlichen Aneinanderschluß der **Thatsachen** als Band verwerten konnten, es lag, gerade **weil** der Mensch und alles, was er erkennt, nur eine Phase

im Ganzen, aber nicht die Erfüllung darstellt, von selbst außerhalb der Erfahrung, konnte also niemals für eine Ordnung der einzelnen Erfahrungsthatsachen verwertet werden.

Und doch hatte, selbst sich zwar ihrer Tragweite wenig bewußt, jene zerstörende, mit so herber Wahrheit aufrüttelnde Entdeckung des Kopernikus in der gleichen Stunde, da sie das alte Band und den alten Bund zerriß, das neue Band ahnend am Himmel geschaut: die neuen Charaktere, unter deren Zauber eine neue Einheit sich anbahnen und den Kreis vorläufig wenigstens sehr viel fester, sehr viel besser wieder schließen sollte. An die Stelle der Ziel- und Zweckfrage, die aussichtslos wurde, sobald der geocentrische (d. i. die Erde als Mittelpunkt [Centrum] setzende) und anthropocentrische (d. i. den Menschen als Mittelpunkt der Welt setzende) Standpunkt fiel, trat als das echte Kind wirklicher Beobachtung die Frage nach der Allgemeingiltigkeit unverrückbarer Naturgesetze innerhalb der ganzen erkennbaren Welt, — von den gigantischen Feuerstürmen der Sonne oder den weltgebärenden Wirbelzuckungen des entferntesten Nebelflecks bis herab zu dem engen Mysterium des Teilungsvorganges in einer mikroskopisch kleinen befruchteten Eizelle, der den verwickelten Mechanismus eines höheren Tieres anzulegen bestimmt ist. Was Kopernikus gefunden, war schon mehr als die Frage, ... es war ein Schritt zur Antwort. Und all' unser Forschen in der Folge war eine geschlossene Reihenfolge solcher Schritte. Das wachsende Wissen zog sich lächelnd zurück von einem naiven Mythus, der seine Göttergestalten auf dem kleinen Bogen eines von irdischem Auge subjektiv empfundenen Regenbogens zu ihrer Götterburg im Himmel emporwandeln ließ; aber in der Gleichartigkeit ihrer Gesetze, der vollkommenen Regelmäßigkeit ihrer Kraftbethätigung schob es selber nun auch seine Planeten, seine Sonnen wieder zu einheitlichem Organismus zusammen und überbrückte seine Millionenfernen eigentlich noch viel einfacher und jedenfalls viel unlösbarer, als es je der phantastische Mythus vermocht. Unermeßlich dehnen sich der Meilenzahl nach die Räume des außerirdischen Alls. Aber der Doppelstern entlegenster Ferne schwingt in kraftverbundener Zweiheit nach demselben Gesetz um seinen mathematischen Schwerpunkt, das dem Schleuderstein des Wilden seine Bahn vorschreibt oder dem kunstvollen Mordprojektil des modernen Artilleristen seine verheerende Wirkung sichert. Bei der Verworrenheit ihrer Anfänge, aus denen die echte Forschung sich nur sehr langsam emporgerafft, kann man nicht einmal behaupten, daß sie seit langem schon planmäßig nach jener überraschenden Gleichartigkeit des kosmischen Prozesses gesucht habe; eher läßt sich sagen, daß die Beweise gewaltsam und überwältigend uns in den Schoß gefallen sind, — uns gezwungen haben, an eine Einheit zu glauben. Unaufhörlich speit der Weltraum wie ein großer Krater Fragmente außerirdischer Gestirne

greifbar auf uns herab: — Meteoriten sausen unter feurigen Reibungserscheinungen bis auf den Boden unseres Luftmeeres nieder: ihre Bestandteile, direkt prüfbar unserm Chemiker, erheben sich nicht über irdische, bereits bekannte! Die Spektralanalyse weist, wo immer Licht aufflammt am Firmament, Grundstoffe nach, die auch uns vertraut sind, soweit nicht Temperaturverhältnisse, denen unsere Laboratorien nicht mehr gewachsen sind, scheinbar Fremdartiges hineintragen. Und doch ist die Fülle der Beziehungen erst angebahnt. Wenn der Naturforscher bei Annäherung an die Polarzonen beider Erdhemisphären am Himmel farbige Lichtbogen und schwankende Zackenkronen aufwallen sieht, so weiß er heute bereits, daß zwischen diesen magnetischen Nord- und Südlichtern und den wildesten



Meteorstein, zu Juvenas in Südfrankreich am 15. Juni 1821 gefallen.

Phänomenen der gegenwärtigen Sonnenoberfläche ein nicht gedeuteter, aber empirisch nicht mehr anzuzweifelnder Zusammenhang besteht. In anscheinend regelmäßigen Perioden gährt es in der kolossalen Glutmasse, die im Mittel circa 20 Millionen Meilen von uns entfernt ist, Flecken dunkeln und Gaseruptionen von Dimensionen, die mit nichts Irdischem zu vergleichen sind, schießen raketenartig über ihre Umgebung empor; um diese Zeit aber mehren sich überraschend die Schwankungen unserer irdischen Magnete und im Gefolge magnetischer Stürme erglänzen um die magnetischen (nicht mit den geographischen zusammenfallenden) Pole des Erdballs jene breiten Ringe flackernder Polarlichter, bis endlich zur Stunde lebhaftester Sonnenerregung die Lichtschweife bis an die Wendekreise herab den größten Teil unseres Planeten überfluten. Thatsachen, der Statistik zugänglich, lehren

hier greifbarsten Zusammenhang, ohne daß die Theorie noch zu folgen vermag.

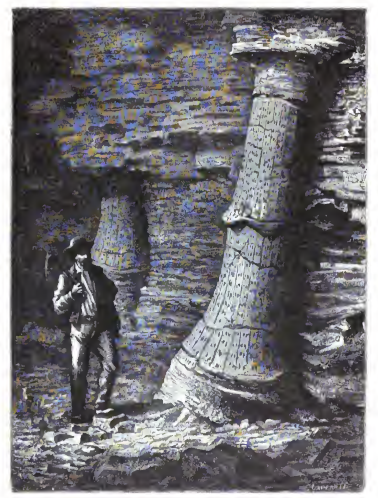
Was aber von der Ferne des gegenwärtigen Weltraumes gilt, gilt in gleicher Weise von der Vergangenheit auf unserem Erdsphäroid. Eine Thonkugel, auf eine Axe gesteckt und in lebhafte Drehung versetzt, wird an den Polen platt und schwillt am Äquator an. Die Spur desselben Prozesses trägt die Erde meßbar an sich: auch sie, wahrscheinlich in einer Urzeit plastischen, weichen Zustandes, hat sich an den Polen zum orangenförmigen „Sphäroid" abgeplattet und ist vorgeschwollen am Äquator; sie ist in ihrer Erstarrung so geblieben, eine Offenbarung urältesten Waltens der gleichen Grundgesetze der Physik, die heute jeder Knabe im Schulzimmer zur Anwendung bringen kann.



Nordlicht.

In diesem Falle knüpft sich sinnfällig ein alltäglicher Vorfall der Gegenwart an eine Thatsache aus der ältesten, der noch vororganischen Geschichte der Erde, da sie noch als Ganzes eigene Glut und eigene Leuchtkraft besaß. Ein anderes, noch lehrreicheres Beispiel lehnt sich an die uns schon viel nähere Folge an, da bereits die Sonnenwärme das Entscheidende auf der erkalteten Rinde war, obwohl es zeitlich immer noch sehr weit, zweifellos über Jahrmillionen, zurückdeutet. Aus dem Schoß der Erdkruste brechen wir die Steinkohle, vorläufig ein notwendiges Fundament unserer Kultur. „Steinkohle" bedeutet: mineralisierte Pflanzenreste einer längst entschwundenen geologischen Epoche. Der Forscher mag nun bereit sein, uns aus diesem oder jenem zufällig erhaltenen Stamme ein Bild der wirklichen baumartigen Gewächse zurückzugestalten, die einst den Stoff dazu

lieferten. Es wird immerhin ein fremdartiges Bild werden: ein Wald, der nur spärliche Analogien in der Gegenwart findet — in der Mehrzahl



Noch erhaltene aufrecht stehende Baumstämme der Steinkohlenzeit in den Kohlengruben von St. Etienne.

Diese Stämme, oft 40 und mehr Fuß lang, gehören zu der heute völlig ausgestorbenen Pflanzengruppe der Sigillarien oder Siegelbäume. An der Spitze trugen sie einen besenförmigen Schopf nadelartiger Blätter. Auf unserer Farbentafel „Landschaft der Steinkohlenzeit" gewahrt man sie rechts im Vordergrund.

Pflanzenformen, deren physiognomischer Typus uns absolut neu ist. So scheint hier eine gänzlich veränderte Welt zu tagen. Und doch lehrt die Physik gerade dort einen Kreislauf, der lehrreicher als vieles das Alte an das Jüngste kettet. Steinkohle ist eine vorzügliche Licht- und Wärmequelle für uns. Ungeheure Massen dieser wohlthätigen Formen der verwandlungsfähigen Energie liegen in ihr gefesselt und können leicht befreit und aktiv gemacht werden. Was aber dann wärmt und leuchtet, ist nichts anderes als die direkt aufgespeicherte Wärme und Leuchtkraft unserer Sonne aus der Zeit, da jene Wälder der Steinkohlenepoche grünten. Viele Jahrtausende lang flossen Ätherwellen der Sonne als Licht und strahlende Wärme auf diese Waldungen nieder. In den grünen Baumblättern zersetzten die Sonnenstrahlen die Kohlensäure — ihr einer Teil, der Sauerstoff, schwebte frei davon, der Kohlenstoff aber ward verarbeitet zum Aufbau des festen Pflanzenleibes. Im Holz steckte nun fortan in weiter nicht verwerteter Gebundenheit die unverbrauchte Energiemenge der eingesogenen Licht- und Wärmestrahlen. In Form der Steinkohle in den Schoß der Erde gerettet, als Kohle, überdauerten die wesentlichsten Reste dieses Holzes die folgende ungeheure Zeit — und mit ihnen schlief, wie von lähmendem Zauber gebannt, die Sonnenkraft. Jetzt aber, da wir die Kohle hervorholen und bei der Verbrennung dem Kohlenstoff die alte Gelegenheit zurückverschaffen, sich mit Sauerstoff zu einen, ist der Zauber gelöst und die gesamte Licht und Wärmemenge strahlt mit der alten Macht von neuem aus — zu unserem Segen. Beides spricht aus dem Beispiel sehr deutlich: die Unzerstörbarkeit der Energie an sich und die Überbrückung scheinbar endloser Zeiträume zu konsequenter Arbeitsablösung, vor der die Jahreszahlen ganz gleichgiltig werden. Dem Unwissendsten enthüllt die verbrennende Kohle im Ofen den gleichen alten Sonnenhort, wie dem sachkundigsten Geologen, der den wahren Zeitabstand, der hier übersprungen ist, zu berechnen sucht: ein sicherer Anhaltspunkt dafür, daß das große Einheitsprinzip der Natur in seiner Anwendung auf die Vergangenheit nicht die kühne Hypothese irgend eines Klüglers, sondern zunächst eine empirische Thatsache ist, die als solche eben schon die Erfahrung des Wilden und des Kindes, ja der Katze oder des Hundes werden muß, die sich am Ofen wärmen, in dem die Steinkohle verbrennend ihre uralte Sonnenenergie entläßt.

Das höchste und im Sinne gegenwärtiger Wissenschaft letzte Ziel einer völlig umfassenden Entwickelungsgeschichte würde sein, das gesamte Naturgemälde des Kosmos in der Weise zu verknüpfen, wie es dem letzten Beispiel zwischen der Sonnenwirkung der Steinkohlenzeit und den aktuellsten Interessen moderner Kulturmenschheit annähernd gelingt. Auf Grund des

Gesetzes von der Erhaltung der Energie würde sich in diesem Sinne die ganze riesige Bilderreihe der Entwickelungsgeschichte vom Nebelfleck bis zum Gehirn Humboldts oder Darwins außer in plastischen Formen und Beschreibungen auch noch ausdrücken lassen durch die fortlaufenden Zahlenreihen einer imposanten Rechnung. Es mag genügen, das Ziel an dieser Stelle als solches zu bezeichnen. Wie weit wir von ihm entfernt sind, das bedarf keiner Frage. Die Zeitspanne, seitdem sich die Naturerforschung auch nur über den gröbsten Umriß ihres gebotenen Weges klar geworden, ist eine selbst für menschliche Maße geradezu winzige. Es liegt im Rahmen meiner Arbeit, dieser „Entwickelungsgeschichte der natürlichen Entwickelungslehre" selbst im ersten Buche eine größere einleitende Betrachtung zu widmen. Hier sei nur beispielsweise, um das Gesagte nicht zu sehr in die Luft zu bauen, an ein paar Punkte vorgreifend gemahnt.

Die Menschheit hat (grob gerechnet vom ersten Erörtern der Idee bis zur That des Kopernikus) ungefähr 1800 Jahre gebraucht, um sich den Gedanken plausibel zu machen, daß die Erde sich um die Sonne bewege. Im wahren Besitz der Erkenntnis des Sachverhalts (seit Kepler) sind wir noch nicht drei Jahrhunderte.

Etwas über 200 Jahre ist das Newton'sche Gravitationsgesetz alt. In gewissem Sinne lag hier der Ausgangspunkt der ganzen neueren Forschung. Aber die Lehre von der Schwerkraft, auf der es beruht, hat selber in diesen beiden Jahrhunderten nur ganz geringe Fortschritte gemacht; äußerlich hat sie zu den großartigsten Entdeckungen geführt; innerlich ist ihr Wesen (ich meine hier nicht im letzten Sinne, sondern nur im Verhältnis zu unserer Kenntnis etwa von Wärme, Licht, Elektrizität) heute eher noch rätselhafter als damals.

Das für das Bild des Kosmos so unvergleichlich wertvolle Gesetz von der Erhaltung der Energie ist noch ganz jung und seine Ausgestaltung im Detail erfordert zweifellos noch die Arbeit von Jahrhunderten.

Die Darwin'schen Ideen, die den Entwickelungsgedanken erfolgreich in die Welt des Organischen getragen, stehen uns so unmittelbar nahe, daß der Blick dadurch geradezu noch getrübt wird. Und wenn sie auch das denkbar Höchste geleistet haben, so enthalten sie gleichwohl dunkle Punkte genug (wie ich im zweiten Bande eingehend zu erörtern habe): vor allem bei den ersten Ursachen der Veränderlichkeit, über die wir im Moment nicht klüger sind als über das Wesen der Schwerkraft. Über eine Fundamentalfrage der organischen Entwickelung, wie die Vererbung, gehen die Ansichten kompetentester Fachleute diametral auseinander. Die wirkliche Durchführung des Gesetzes von der Erhaltung der Energie im Organismus — etwa in unserm eigenen menschlichen Willensapparat — ist zwar jetzt brennend geworden als Forderung, aber in der Praxis noch keineswegs ausgeführt.

Das alles sind Dinge, die mit den berühmten „letzten Fragen“ gar nichts zu schaffen haben, sondern im strikten Sinne innerhalb der Entwickelungsgeschichte liegen. Ohne sie ist aber an eine „Rechnung“ noch gar nicht zu denken.

Es liegt glücklicherweise niemals eine Kritik eines hohen Zieles in der einfachen Thatsache, daß es in verhältnismäßig sehr kurzer Zeit noch nicht erreicht ist. „Wer von einer echten Liebe zum Naturstudium und von der erhabenen Würde desselben beseelt ist“, sagt Humboldt, „kann durch nichts entmutigt werden, was an eine künftige Vervollkommnung des menschlichen Wissens erinnert.“ Unter dieser Voraussetzung sei unser Weg begonnen. Er weist zuerst den geschichtlichen Emporgang der Erkenntnis. Was abstrakt ausgedrückt, kaum den Laien anlocken würde, tritt in ihm anziehender hervor als logische Kette lebendiger Bilder: die Methode sachlicher Forschung. Sie hat der Menschheit zu ihrer Wissenschaft von der Welt verholfen. Diese Wissenschaft ist ein unlöslicher Teil menschlicher Kultur. Und so geleiten wir ein wesentliches Stück der Kulturgeschichte durch einige Jahrtausende, um in dem Moment die eigentliche Halle der Naturwissenschaft zu betreten, da uns ihre segensreiche Rückwirkung auf die Kultur — ihr Steigen mit kulturellem Heraufgang, ihr Sinken mit Zeiten der Reaktion in der Geschichte der Menschheit — unzweideutig klar geworden. Unser Weg im weiteren schließt sich dann den schon jetzt erkennbaren Stufen des wirklichen Naturheraufgangs an.

Aus der Reihe der heute noch dem Fernrohr zugänglichen Gebilde des Himmels — dem Nebelfleck, dem Fixstern in verschiedenen Graden der Erhitzung bis zum gegenwärtigen Zustand der Sonne herab und dem Planeten in seinen mannigfachen Erkaltungsphasen — sucht er, mehr ahnend als wirklich ergründend, einen Ausblick zu erlangen über die Entwickelungsgeschichte der kleinen Stoffanhäufung, die wir „Erde“ nennen vor der Zeit, da organisches Leben ihrer bewohnbaren Kruste entsprang. Vertrauender schon lenkt er dann über zu den Erscheinungen der noch bestehenden Regsamkeit dieses gefestigteren Erdballs: den vulkanischen Phänomenen, die in stürmischer Gewaltsamkeit aus dem Innern hervorbrechen, wie den langsamen, doch darum eher noch wunderbareren Thatsachen der Länderbildung der Gebirgsentstehung, des Wasserniederschlags, der Eiswirkung und der atmosphärischen Einflüsse auf die Oberflächenform. Endlich dann erhebt er sich zu denkender Betrachtung des organischen Erdenkleides. Nebelhaft, doch mit dem Duft einer Welt, die es zu erobern gilt, breitet sich vor ihm das farbenbunte Panorama der allmählichen gesetzmäßigen Umwandlungen der Tier- und Pflanzenarten aus. Zuletzt sieht er den Menschen vor sich, nicht aus einem Halbgott erniedrigt, sondern herausgearbeitet durch immer mehr entfaltete Geisteskraft zum Herrn dieser Erde, dessen leuchtendes Auge genußfroh einen weiten Ausschnitt des Alls

zu erfassen und als einheitliches Bild in seine Gehirnzellen zu prägen weiß. Von der Urzeit kehrt der Blick des Wanderers beruhigt zur Gegenwart. Und er grüßt sie, umschauert von der Erhabenheit eines Werdens, das aus unbekannter Wurzel über Jahrmillionen reicht.



Statue Darwins
im Naturhistorischen Museum zu London.

Erstes Buch.

Entwickelungsgeschichte der menschlichen Kenntnis von der Natur.

„Jedes Erforschte ist nur eine Stufe zu etwas Höherem in dem verhängnisvollen Laufe der Dinge."

Humboldt im „Kosmos" Bd. II S. 399.

Die Schöpfungssagen.

Die Entwickelungsgeschichte der Natur stellt sich zur Aufgabe das Gemälde eines gigantischen Kampfes. Aus dem Dunkel ringt sich zu immer hellerem Lichte eine Welt: unsere Welt, in der wir wandeln und selbst unablässig bewegte Ringer sind.

Es ist wie ein Abbild dieses großen, umfassenden Kampfes, was uns, in engerem Rahmen, entgegentritt, wenn wir den Entwickelungsgang des geistigen Erfassens dieser Welt, wie es sich im Laufe der wenigen menschlichen Kulturjahrtausende angebahnt, zu verfolgen suchen. Hier wie dort steigt es zuerst herauf in zitternden Nebeln, formlos, schemenhaft. Dort ist es der kosmische Dunst entlegener Himmelsweiten, aus dem erst Sterne sich fügen sollen, eine schwer vorstellbare Wiege der Kräfte und der Elemente, die geheimnisvoll die Grenze des ganz Unfaßbaren deckt. Hier öffnet sich das Reich schrankenloser Phantasieschöpfung aus den Kindertagen der Menschheit, ein schillerndes Durcheinanderfluten der noch ungesonderten Keime von Religion, Kunstdichtung und Wissenschaft, eine Mythenwelt, die zerfließt, wenn man sie fassen will, und die doch ganz unbezweifelbar den Ausgangspunkt auch der wirklichen Naturerkenntnis und Entwickelungslehre umschließt.

Sie umschließt ihn geschichtlich; nicht in dem Sinne, daß etwa dieser oder jener Schöpfungsmythus irgend eines frühen Volkes eine Eingebung des wahren Sachverhaltes bereits auf einem mystischen, außerhalb der Erfahrung liegenden Wege erhalten habe.

An diese Thatsache muß erinnert werden, ohne daß man aus ihr die Stimmung zu einer scharfen Verurteilung schöpfen soll. Wenn heute leider noch vielfach eine alte, mythische Schöpfungslehre aus der Kindheit eines längst veränderten Kulturvolkes in wirklichen Gegensatz zu den Ergebnissen moderner Naturforschung gestellt wird — als ein Lebendiges, das in Wettbewerb bei der festen Gründung einer Weltanschauung treten soll — so ist das ein Kampf mit den denkbar ungleichsten Waffen. Kampf mit

ungleicher Deckung aber erzeugt stets eine unglückliche Verbitterung — Verachtung hier und ohnmächtigen Haß dort, und die ganze Auffassung der mythenbildenden Menschheitsjugend hat unter diesem künstlich schiefen Verhältnis schwer gelitten. Sieht man im Banne vorurteilsfreien Denkens, das sich unter seinen hellen Sternen sicher und beruhigt fühlt, resolut davon ab, so wird gerade das Reich jener farbenschönen, poesiereichen Schöpfungsmärchen zu einem anziehenden Vorgarten des wahren Baues der Welterkenntnis.

Malen sich doch in dieser ersten Zeit alle Gold- und Rosenwolken wirklicher Dichtung an die strenge Kuppel der Forschung nach den Triebkräften der Natur. Nicht so ganz ohne Grund erschien in gewissem Sinne die Welt farblos und ernüchtert, als die eigentliche Naturergründung an die Stelle des Mythus trat. Man denke an die großen Züge etwa der mosaischen Schöpfungslegende (die keineswegs die poetisch ergreifendste der bekannten ist!): wie der Weltgeist über den wüsten Urwässern schwebt, wie seine Hand Licht scheidet von der Finsternis, wie er die Veste des Himmels aufrichtet, das Trockene der Erde sondert und mit grüner Pflanzendecke überzieht, mit Tiergestalten belebt, — wie er endlich den Menschen in einem blühenden Garten, den alle Pracht orientalischen Naturempfindens schmückt, zum bedingungsweisen Herrn macht, — wie der Mensch sich aber im Übermut vergreift, so daß nun als düstere Strafe das bis dahin verschwiegene Bild wirklicher Urzeit ausgespielt werden kann an poetisch wirksamster Stelle, — mit flammenden Blitzschwertern der verlorenen Natur, mit hartem Kampf ums Dasein, mit irrendem Nomadenleben, da der Mann sich Waffen erfinden muß gegen Tier und Feind, sich mit Fellen decken muß gegen die Unbilden der Witterung, da das Weib in Schmerzen auf der Wanderschaft gebären muß, bis dann die Schrecknisse der Erde in elementarstem Gewaltakt ihren Höhepunkt beinah bis zum völligen Erliegen der menschlichen Rasse erlangen, — in vulkanischen Eruptionen, da Feuer und Schwefel vom Himmel fällt und Menschen lebendig zu Stein verhüllt, in verheerenden Überschwemmungen, da das Kulturland zwischen zwei Strömen verschwindet und bis zum Horizont, der dem Unerfahrenen die Weltgrenze bedeutet, das Ganze der Erde in einer einzigen Flut ertrinkt ..... große, unvergeßliche Bilder, an denen die Phantasie von Jahrtausenden gearbeit und das Gefühl der Erhabenheit sich in ungezählten Generationen mit Fug und Recht genährt hat.

Arm und unfruchtbar erscheint dagegen gehalten geradezu der andere Weg der Naturbehandlung, die Detailforschung, wenigstens eine lange Zeit, und der Spott der Unwissenden hat ihm nie gefehlt. Man vergegenwärtige sich einen Kräutersammler vom Ende des Mittelalters, dessen ganze Weisheit darin besteht, eine kleine Reihe von häßlichen Naturobjekten herauszugreifen und auf ihren (an sich vielleicht noch höchst

problematischen) Nutzen für gewisse Krankheiten hin zu beschreiben, in enger, verräucherter Stube, in der ganzen Dunstatmosphäre einer kleinlichen, von wilden und zwecklosen Stürmen gebeugten Zeit, ohne jede Erhebung ins Große außer dem einen kleinen Gesichtspunkt des praktischen Heilmittels; man denke sich den Beobachter vor dem ersten, schlechten Fernrohr, der sein Augenlicht daran setzt, ein paar irrende Lichtpünktchen neben dem Planeten Jupiter als Monde festzustellen oder einen Flecken in der Sonne zu finden.

Und doch hat diese nüchterne, registrierende Seite thatsächlich damals den Fortschritt angebahnt!

Das, was heute endlich sich losgerungen als ein Naturerkennen, das abermals eine ganze Welt, einen Kosmos, baut, ist nun allerdings auch nach der großen, lebendigen Farbenseite weit über den Mythus hinausgewachsen. Solche Bilder hat keine naive Kosmogonie, wie die astronomische Forschung der Gegenwart: die blutroten, glühenden Wasserstoff-Eruptionen der Sonnenoberfläche, die bis zur Höhe von 20,000 deutschen Meilen emporgestoßen werden — die unermeßlichen, schauerlichen Kraterhöhlen des Mondes, in die mit sinkender Sonne immer zackiger und gespenstischer der haarscharfe Schatten ihres zerissenen Randes fällt — das frei balancierende Ringsystem des Saturn, neben dessen Verhältnissen die Erde samt ihrem Mond zum Zwerge wird — die rubinroten und smaragdgrünen Sonnen der um gemeinsame Schwerpunkte kreisenden Doppelsterne, deren farbiges Licht abwechselnd die zugehörigen Planetensysteme mit magisch veränderlichen Tagen umflammen muß — und was der Beispiele mehr sind! Und die größte Leistung ist schließlich die Entwickelungsgeschichte auf exakter Basis selbst — die recht eigentliche Ersetzung und Erfüllung des Mythus.

Denn der Mythus — selbst die kindlich naivste, unbeholfenste Welterklärung, wie sie nun sein mochte — verschmolz zwar unwillkürlich mit der frei schaltenden Dichtung, aber er wollte eigentlich nichts anderes geben als auch eine wirklich befriedigende Erklärung der Erscheinungen im Banne des vorhandenen Kausalitäts- oder Ursachenbedürfnisses. Das dichterische Element, so uferlos es auch einflutete, fußte ja im Grunde selbst nur wieder auf einer gewissen Reihe wirklicher Erfahrungen, da der Mensch wohl verknüpfen, ordnen, in gewisse harmonische, ihm angenehme Reihen bringen (gleichsam die losen Fakta der Wirklichkeit in einen Rhythmus, eine Harmonie zu seiner Befriedigung versetzen) kann, aber niemals im stande ist, positiv Neues an Bestandteilen durch dichterische Intuition aus sich zu erzeugen.

Aber zweierlei hemmte und belastete den Mythus. Einmal die verhängnisvolle, obwohl im Entwickelungsgang der Menschheit unvermeidliche Rolle, die das Kausalitätsgesetz bei der Entstehung der Religion spielte,

die sich noch enger als die Dichtung in das Wesen des kosmologischen Mythus verquickt.

Der Naturmensch, d. h. der Mensch auf einer gewissen frühen Stufe, sieht in seiner Umgebung einen kleinen Kreis von Wirkungen, zu denen seine Erfahrung ihm die Ursache giebt und einen ungeheuren, zu denen er keine finden kann. Er fühlt ganz gut schon, daß es sehr nützlich ist, die Ursache zu wissen: im Kern die ganze Quelle der Naturforschung als einer Kulturförderung; ist ja doch sogar betont worden, daß der ganze Kausalitäts- oder Ursachendrang lediglich von der Natur im Daseinskampfe herangezüchtet sei, weil er eine so enorme Quelle des Schutzes, der Verteidigungsmöglichkeit für das Individuum enthält!*) Eine Ursache des Blitzes wissen, hieße Mittel gegen seine verheerende Wirkung finden — diesen Schluß macht der nackte Wilde so gut wie ihn der Erfinder des Blitzableiters gemacht hat. Der Fehlschluß des Wilden besteht in der Regel nur darin, daß er nicht den mühsamen Weg langsamen Forschens einzuschlagen weiß, sondern sofort erklärt. Er greift zum Nächsten: zu sich. Der Blitz ist — oder den Blitz schleudert (es liegen hier schon zwei Stufen vor) ein Wesen ähnlich dem Menschen selbst. Mit diesem Wesen kann man sich, da es menschlich gedacht ist, in gewissem Sinne auf die Dauer in ähnlicher Weise verständigen, wie mit den Mitmenschen, den Stammesgenossen. Man kann gleichsam in ein soziales Verhältnis zu ihm kommen. Der Blitz ist nun sehr mächtig. Man muß ihm also begegnen wie den Mächtigsten des Stammes: ihn bitten, ihm opfern, ihm schmeicheln, ihn zu versöhnen suchen. Sehr bald lebt sich die Personifikation fest ein, und (es kommt noch der direkte Gespensterglaube mit seinen Wurzeln im Traumleben, in krankhaften Visionen u. s. w. hinzu) die ungeheure Rolle der Religion, soweit sie Naturerklärerin sein will, ist angebahnt, — im wesentlichen, wie gesagt, eine für die wirkliche Naturerklärung höchst verhängnisreiche Rolle. Denn aus dieser Basis erwächst dem kosmogonischen Mythus der Ersatz der Naturkräfte durch beseelte, menschenähnliche, aber mit übermenschlichen Kräften ausgestattete Wesen — die Götter treten in ihn ein. Sie sind sein Verderben!

Die andere bedenkliche Seite ist als sekundär mitwirkend bei dieser ersten eigentlich schon erwähnt: sie steckt in der Beschränktheit der Erfahrungen. Je nach ihrer steigenden oder sinkenden Ziffer bilden sich die

*) Man denke an das bekannte Beispiel vom Affen, der sich am Feuer wärmt, aber nicht den Schluß macht, daß man Holz zulegen müsse, um das Feuer zu erhalten, — im Gegensatz zum Wilden, der, wie es scheint, gegenwärtig an allen Punkten der Erde zur Kenntnis der künstlichen Feuerbereitung in irgend einer Form vorgedrungen ist. Eine ganze Reihe unzweifelhafter Kausalitätsschlüsse vollziehen übrigens in weniger komplizierten Fällen bereits zahlreiche Tiere.

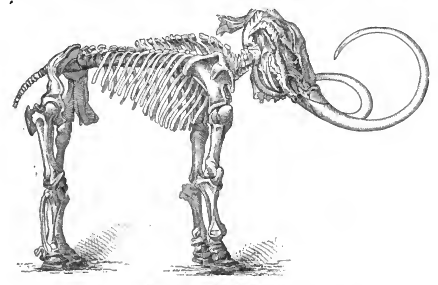
Unterschiede der Schöpfungsmythen bei den verschiedenen Völkern aus, die wir gleich betrachten werden. Vom Kausalitätsgesetz gehen alle unterschiedslos aus. Mit Personifikationen und Vermenschlichungen arbeiten auch alle, doch schon in wechselnder Intensität. Dichterisch: d. h. harmonisierend, abrundend, schematisierend sind sie ebenfalls sämtlich ausgeführt. Das Trennende letzten Endes aber giebt die verschiedene Menge und Art der wirklichen Erfahrungen. Der Schöpfungsmythus eines Urwaldvolkes unter



Ein Zeuge der Eiszeit,
ungeheurer Kalkblock von 17 m Länge, 16 m Breite und 20 m Höhe bei dem Dorfe Bévieux in der Schweiz, — vom Gebirge durch Wirkung eines jetzt entschwundenen großen Gletschers der Eiszeit an seine gegenwärtige Stelle transportiert.

dem Äquator wird nicht von Eisriesen erzählen; aus den astronomischen Legenden der Bewohner unserer südlichen Erdhalbkugel glänzt das Sternbild des Kreuzes, das unser Nordhimmel nicht kennt. Aber sehr reichlich sind diese Erfahrungen nirgendwo. Leicht läßt sich das zeigen. Wie die Nebelbildungen im sichtbaren Weltall, so ist die Mythenbildung bei unseren Naturvölkern immerfort noch im Flusse; aber von den überlieferten Schöpfungssagen aus der alten Zeit unserer Kulturnationen wissen wir, daß sie über mehrere Jahrtausende fort in ihrer Entstehungszeit hinter uns liegen; die Vermutung giebt sich von selbst, daß hier, wofern der Erfahrungsschatz nur etwas reich war, Anklänge an älteste Naturereignisse, über die wir

sonst unterrichtet sind, sich erhalten haben sollten. Doch die Anhaltspunkte sind spärlich genug. In die Zeit des Menschen ist allerhöchster Wahrscheinlichkeit nach noch der Anfang und jedenfalls die Ausbreitung und schließliche Abnahme eines ungeheuren irdischen Naturphänomens gefallen: der Eiszeit. Aus einem warmen Klima mit Palmenwuchs, dessen Zeuge der Mensch recht gut noch gewesen sein kann, verwandelte sich ein sehr beträchtlicher Teil des asiatisch-europäischen Kontinents in eine Eiswüste. Gletscher von märchenhaften Dimensionen schoben sich langsam vom Gebirge herab und transportierten berghohe Steinlasten an entfernteste Orte. Eine



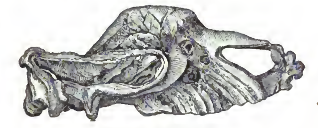
Skelett eines Mammut
aus dem Petersburger Museum.
Der noch mit rotbrauner Wolle bekleidete Körper taute zu Ende des vorigen Jahrhunderts aus dem Eise an der Mündung der Lena; leider aber wurden nur einzelne Hautstücke und Weichteile, sowie dieses noch mit den Sehnen und Bändern versehene Skelett für die Wissenschaft gerettet.

Steppenfauna bürgerte sich in den noch bewohnbaren Zwischengebieten ein, Herden von Moschusochsen, wie sie heute am Polarkreis wohnen, wanderten bis in die Gegend des heutigen Bodensees, der wollige Mammut-Elefant mit seinen kolossalen Stoßzähnen stampfte auf der Stätte unserer jetzigen Kulturwälder herum. In dieser Eiszeit ist der Mensch zweifellos vorhanden gewesen. In Höhlen an verschiedensten Orten haben sich seine Spuren gefunden, er hat das Mammut gejagt und vielleicht selbst ausgerottet, als die Eiszeit zu Ende ging. Keine Schöpfungssage aber knüpft an diese

Mammut- und Renntierjäger an!*) Einmal scheint eine Spur aufzudämmern. In Sagen der Tungusen, mongolischer Jägerstämme des östlichen Sibirien, spielen furchtbare schwarze Ungetüme eine Rolle, Stiere, die ein einziges Horn auf der Stirn trugen, das so groß war, daß es eines eigenen Schlittens zur Beförderung bedurfte. Knochenreste der Gegend lehren, daß in der That dort, vielleicht bis in die Zeit des Menschen hinein, ein nashornartiges Tier von Elefantengröße, das Elasmotherium, gelebt hat, dessen



Umriß eines Mammut,
von Menschenhand in ein Stück Mammut-Elfenbein eingekratzt.
Die Zeichnung wurde 1856 von Lartet in Frankreich bei Resten prähistorischer Kultur gefunden.
Die Echtheit ist angezweifelt, aber nicht widerlegt.



Schädel des Elasmotherium,
eines riesenhaften, den Nashörnern verwandten Säugetiers der Diluvialzeit. Der gewaltige Knochenwulst der Stirn trug zweifellos ein gewaltiges Horn.

---

*) Entsprechend dem europäischen Mammut-Menschen hat es in Amerika allem Anschein nach Menschen als Zeitgenossen der dort heimischen, jetzt längst ausgestorbenen Mastodon-Elefanten und der Riesenfaultiere (Megatherium) und Riesengürteltiere (Glyptodon) der Pampasgegenden gegeben. Die beiden letztgenannten Geschöpfe waren vielleicht die merkwürdigsten und auffälligsten Säugetierformen, die je existiert haben, wahrhaft dämonisch scheußliche Gestalten, wie sie keine Phantasie je ersonnen hat.

Stirn in einzigartiger Weise mit einem Knochenpolster zur Stütze eines Riesenhorns versehen war. Aber selbst hier ist der Lichtblick unsicher. Gerade tungusische Jäger haben zuerst das seltsame Schauspiel genossen, daß aus dem gefrorenen Sumpfboden sibirischer Flußmündungen noch blutig-frische Mammutleichen, die der Frost vielleicht ein Jahrhunderttausend konserviert, heraustauten, und sie durften sich so auf weitestem Umwege spät noch einmal in die Eiszeit zurückträumen und vor den wiedererstandenen Tierkolossen eine neue, unabhängige Sagentradition entwickeln.

Der scheinbar begründetste, so oft wiederkehrende Mythusbestandteil der „Sintflut"*) ist sogar ein direkt gegenteiliges Zeugnis: denn die Geologie kennt keine über die ganze Erde weggreifende Erfahrung, die hier in Betracht kommen könnte. Örtlich beschränkte Senkungen haben an vielen Orten auch noch in menschlich-historischer Zeit stattgefunden. Aus der Meeresflut sind jählings unter vulkanischen Erscheinungen Inseln aufgewachsen, — so in den dreißiger Jahren dieses Jahrhunderts zwischen Sizilien und Afrika. Überschwemmungen von verheerendster Wirkung, die den eingekeilten Bewohnern des Flachlandes als wahre Todesflut fundamentalster Art erscheinen mußten, haben sich an einzelnen stark bevölkerten Stellen periodisch immer wieder eingestellt. So hat der ausgezeichnete Geologe Eduard Sueß gerade für die geschichtlich und mythologisch so hochwichtige mesopotamische Niederung zwischen dem untern Euphrat und Tigris ein gewaltiges Zusammenwirken von Erdbeben, im Gebiet des Persischen Golfs mit einem Cyklon (Wirbelsturm) von der Seeseite her anschaulich zu machen versucht, auf das sich möglicherweise noch unsere semitisch-christliche, durch die Autorität der Bibel gefestigte Form der Sintflutsage beziehen ließe. In der geschichtlich wichtigsten Flußebene Chinas, am Hoangho, bedingt eine seit alters unheilvoll angehäufte Schicht von Schlammmassen eine Erhöhung des Strombetts und seiner Uferleisten hoch über weite Strecken der umgebenden Ebene weg; bei großen Herbstwassern sprengt der Fluß periodisch diese künstlichen Kanalwände, ändert seine Bahn und begräbt riesige Kulturländer: noch im Jahre 1887 wieder (zum etwa zehnten Male seit Beginn der chinesischen Tradition) zum Verderben von mehreren Millionen Menschen. Muscheln, auf hohem Gebirgsgrat entdeckt, ließen bei etwas verfeinerter Schlußfolgerung solche Bilder leicht ins Umfassende, Erderfüllende wachsen.**)

*) „Sintflut" schrieb Luther. Der gangbaren Grimm'schen Erklärung zufolge bedeutet das so viel wie große, allgemeine Flut. Erst die Nebenbedeutung, daß die biblische Flut zugleich ein Strafgericht Gottes für menschliche Sünden war, verführte nach der Luther'schen Zeit dazu, das Wort „Sündflut" zu schreiben, welche Variante dann schließlich allgemein in die Luther'schen Texte selbst Eingang gefunden hat.

**) Der spaßhafte Vorfall, daß in den zwanziger Jahren des vorigen Jahrhunderts von einem braven Schweizer Gelehrten, dem Doktor Johann Jakob Scheuchzer die Knochenreste eines der Tertiärzeit angehörigen, riesenhaften

Aber wir wissen heute, daß gerade in den beweisendsten Fällen jene Muscheln lange vor Entstehung des Menschengeschlechts lebten und der Ozean nachweislich nicht über die Alpengipfel weggestiegen war, sondern daß die Gebirgskette erst nachmals sich langsam und gesetzmäßig emporgegipfelt und den alten Meeresboden mit hinaufgeschoben hat. Niemals ist für unser Wissen die bewohnbare Erde gänzlich von einer Wasserhülle umgeben worden und am wenigsten in der kurzen Spanne, durch die menschliche Tradition reicht.

Wäre in der That der Schöpfungsmythus der verschiedenen Natur- und Kulturvölker auch nur der Rest eines ältesten brauchbaren Erfahrungs-Niederschlags, so würde man endlich hoffen dürfen, in ihm eine letzte Erinnerung an den ursprünglichen Zusammenhang aller Völkerstämme der Erde erhalten zu sehen, wie ihn die moderne Forschung verlangt. Nichts derart ist der Fall. Selbst einander verhältnismäßig noch nahestehende Völker haben jede Kenntnis voneinander verloren, wie erst recht die weitgetrennten. In den Völkertafeln der Bibel wird man vergebens nach einer Stelle für den Polynesier oder den Indianer suchen — ein Faktum, das schon kurz nach der That des Columbus den Verfechtern der mosaischen Allwissenheit



Reste von Skeletteilen eines versteinerten Riesensalamanders (Andrias Scheuchzeri) aus der Tertiärzeit, — von ihrem Entdecker Scheuchzer für Knochen eines in der „Sündflut" ertrunkenen Menschen gehalten.

Salamanders für das „Beingerüst" eines ertrunkenen Sündflut-Menschen gehalten wurden, hat der Folgezeit viel zu lachen gegeben. Die Bezeichnung „vorsündflutlich" wird übrigens in unserm öffentlichen Leben noch gewohnheitsmäßig auf alle ausgestorbenen Tierformen angewendet und ist in dieser Form sehr geeignet, Konfusion zu stiften. Es dürfte an der Zeit sein, den Mißbrauch mit solchen Worten endgiltig einmal abzustellen. Selbst angenommen, ein Tier, wie der ausgestorbene Mammut-Elefant, sei durch eine „Sintflut" ausgerottet worden (wofür keinerlei Anhaltspunkt vorliegt), so müßte man die noch lebenden Zeitgenossen dieses Mammut, wie unser Renntier, wenigstens mit demselben Recht als „vorsündflutlich" bezeichnen! Das wissenschaftliche Wort „Diluvium" als Bezeichnung einer uns noch sehr nahe stehenden Epoche der Erdgeschichte hat mit „Sintflut" nichts gemein.

kein geringes Kopfzerbrechen machte. Gewisse, gleichsam ungewollte Zusammenhänge sollen deshalb natürlich nicht geleugnet werden. Wenn ein Volk in seinen durch kirchliche Heiligung unversehrt erhaltenen, uralten Mythen an Sternbilder anknüpft, die gegenwärtig an seinem Sitze gar nicht wahrgenommen werden können, so liegt hier selbstverständlich ein künstlich bewahrter Erfahrungsrest vor, der für eine alte Wanderung aus fremdartigem Ursitze spricht. Wenn gewisse kleine Züge wiederkehren in germanischen und griechischen Märchen, in Erzählungen der Inder, der Fidschi-Insulaner in der Südsee und der Hottentotten in Südafrika, so ahnt der Forscher hier ältestes Erbe, das vielleicht kostbare Fingerzeige giebt. Aber im wirklichen Bewußtsein all dieser Völker ist jeder blasseste Schimmer des ersten Bandes verloren, und auch das Gebiet jener nachträglichen Deutungen ist vorläufig schwankend und eng, da man nicht weiß, wie oft gleiche Anlässe unabhängig zu gleicher Mythenform gedrängt haben mögen.

Durchmustern wir nach diesen einführenden Betrachtungen eine Auswahl charakteristischer Schöpfungsmythen aus verschiedenartigsten Völkerkreisen der Erde und suchen wir aus ihnen noch eine weitere Reihe besser am Beispiel selbst ersichtlicher Charaktereigentümlichkeiten zu entwickeln. Die Schöpfungslegende des Moses mit ihrem noch aktuellen Interesse sei an letzter Stelle, gleichsam zum Facit aus allen übrigen, erörtert.

Wir suchen den Mythus zunächst da auf, wo er heute noch unverfälscht und allherrschend lebt: bei den Naturvölkern. Die zahlreichen Wanderungen vor und in der geschichtlichen Zeit machen es wahrscheinlich, daß die Reste ältester, niedrigster Menschheit nach einem natürlichen Gesetz an die Grenzen der Kontinente gedrängt worden sind, sowohl in die breiten nördlichen Landufer am Anfang der Polarzone, wie vor allem in die pyramidal zugespitzten oder zu Inseln zerbröckelten südlichen Ausläufer der großen Festlandmassen. Es handelt sich um dasselbe, in unserem zweiten Bande noch näher zu erläuternde Gesetz, das alte, heute nur reliquienartig uns erhaltene Tierformen auf Inseln oder entlegene, inselartige Festlandreste und Festlandspitzen vorgeschoben hat: die Schnabel- und Beuteltiere, die als Vorfahren der höheren Säugetiere anzusehen sind, nach Neuholland, die reptilienähnlichsten, also wahrscheinlich ältesten Vögel (Dinornis) und die im Stammbaum am meisten von allen lebenden untenstehende Eidechse (Hatteria) nach Neuseeland, die Mehrzahl der großen Dickhäuter, deren Blütezeit die längst verflossene Tertiärzeit war, nach Südafrika, die ebenfalls längst im Niedergang begriffenen Edentaten (Faultier, Gürteltier) nach Südamerika, die urweltlichsten Krebs- und Spinnenformen (Limulus, Liphistium) nach mittelamerikanischen und indischen Inseln, die Halbaffen

nach Madagaskar u. s. f. In der That begegnen uns verhältnismäßig primitive Völkerreste auffällig, wenn wir Neu-Holland mit Tasmanien, das südamerikanische Feuerland, Südafrika und auf der andern Seite die Polarzone der alten und neuen Welt ins Auge fassen. Der Australneger, der Feuerländer, der Eskimo stehen zum mindesten sehr niedrig in der Reihe, auch wenn man zugiebt, daß es ganz kulturlose und bildungsunfähige Völker für unsere gegenwärtigen Kenntnisse auf der Erde nicht giebt. Und in dem Riesenerdteil Afrika zeigen die kleinen, hellen Stämme der Buschmänner und Hottentotten im halbinselartig zugespitzten Südende ziemlich sicher den Rest der Urbevölkerung wenigstens dieses einen Kontinents. Es mag von Interesse sein, gerade bei solchen verschlagenen Posten erhaltene Spuren naivster Kosmogonie zu verfolgen. Besäße die Menschheit eine irgendwo offenbarte „Urweisheit", so wären wir ja hier dem Quell am nächsten!

Bei den Buschmännern ist von einem eigentlichen Schöpfungsmythus in der geschlossenen Form, wie wir ihn aus der Bibel gewohnt sind, keine Rede. Das feste Gerippe giebt meist erst die weitere Ausbildung religiöser Begriffe. Bei diesen rohen Stämmen aber steht die Religion auf niedrigster Stufe. So bleiben nur die paar Erfahrungen und das Dichterische. An Sterne und Tiere, die wichtigsten Objekte des engen Lebens beim schweifenden Wilden, knüpfen die naiven Märchen an, die sich mit dem Ursprung der Dinge befassen. Es sind die Tiere und Sterne Afrikas. Eine Heuschrecke, erzählt der Kap-Buschmann, wurde von Meerkatzen verfolgt. Da zerriß sie die Gallenblase einer Elenantilope. Finsternis entstand dadurch. Um aber wieder Licht zu erhalten, warf die Heuschrecke ihren Schuh in den Himmel. Daraus wurde der Mond. Er hat seine Farbe von dem rötlichen Staub des Buschmannlandes, der an dem Leder klebte. Und er ist kalt wegen seiner Herkunft aus einem ledernen Schuh. Die Sonne lebte voreinst als Mann auf der Erde, ihr Licht strahlte aus seiner Achselhöhle. Aber es erhellte nur den nächsten Umkreis seiner Hütte. Darum warfen die ersten Buschmänner den Sonnenmenschen in den Himmel, von wo er nun allen sein Licht schenkt. Ein andermal ist auch der Mond ein Mann. Die Sonne aber schneidet ihm im Zorne mit ihren scharfen Strahlen ein Stück nach dem andern ab. Nur ein kleines Restchen läßt sie ihm auf seine Bitte für seine Kinder übrig. Dieses Restchen wächst dann alsbald wieder zum Ganzen (zum Vollmonde) aus, worauf das Beschneiden abermals anhebt. Vor der Zeit der Buschmänner, heißt es weiter in den Sagen, lebte ein Volk, das seinen Pfad in der Nacht ohne Leuchte suchen mußte. Da warf ein schlaues Mädchen glühende Asche an den Himmel, die zur Milchstraße wurde. Gewisse helle Sterne in der südlichen Krone und im Kreuz, dem schönsten Bilde des Antipodenhimmels, sind aber aus Menschen und Löwen entstanden, die der böse Blick eines anderen Mädchens versteinert



hat. Verschwindende Spuren von Sintflut-Sagen, die sich bei den verwandten Hottentotten gezeigt haben sollten, sind wahrscheinlich auf moderne Einschleppung durch Missionare zurückzuführen. In Wahrheit ist Afrika der unfruchtbarste Boden für Flut-Sagen und ihr Fehlen bei den zahllosen Negerstämmen des ungeheueren Erdteils das treffendste Argument gegen die oft sehr leichtsinnig nachgesprochene Behauptung, die Sintflut kehre in den Sagen aller Völker wieder, müsse also an ein universales Ereignis anknüpfen.

Die kosmogonischen Mythen der Australier auf dem Festlande von Neu-Holland weisen vielfach auffallend ähnliche Züge auf. Hier ist die Sonne ein Ei des großen Straußenvogels Emu, das die „früheren Menschen" in den Himmel geschleudert, die Milchstraße Rauch von den Feuern jener Vorgänger auf der Erde. In anderen Erzählungen ist der Mond der Mann der Sonne, die ihn monatlich einmal aufzehrt. Bei den Südaustraliern hat irgend ein guter Geist Muramura die Sonne den Menschen geschaffen, nachdem sie ihn lange unter Tänzen darum gebeten; denn sie brauchten die Sonnenhitze, erklärt die Sage naiv genug, damit sie den schnellen Emu-Strauß, ihr wichtigstes Jagdtier, ermatte und in ihre Hände liefere. Allabendlich durcheilt die Sonne die Reihe der Seelen verstorbener Männer. Wem sie ihre Gunst schenkt, der giebt ihr zum Entgelt das Fell eines roten Känguruh, und weil sie es am andern Morgen trägt, erscheint sie rot bei Sonnenaufgang. Jener gute Geist Muramura hat auch die Menschen selbst gemacht, und zwar aus Tieren. Im Anfang schuf er kleine, schwarze Eidechsen. Wie der biblische Jehovah sah er dann sein Werk an und es gefiel ihm so gut, daß er beschloß, den schwarzen Eidechsen Macht über alles Kriechende auf Erden zu verleihen. So teilte er ihre Füße in Finger und Zehen, knetete aus ihrem Gesicht Nase und Augen, Ohren und Mund und stellte sie endlich aufrecht. Weil hierbei der lange Eidechsenschwanz hinderlich wurde, schnitt er ihn ab und der Mensch war fertig. Nur die Geschlechter mußten noch gesondert werden. In den alten Zeiten, so scheint dem Australneger, war überhaupt alles veränderlich. Die Känguruhs waren anfangs riesenhafte Ungeheuer. Ein starker Jäger zerriß eines in kleine Stücke und machte daraus die jetzt lebenden Arten. So begegnet sich gelegentlich der primitive Mythus rohester Naturvölker unbewußt fast mit darwinistischen Entwickelungsgedanken: der Wilde steht eben seinem Fühlen nach der Natur noch näher als der Kulturmensch einer gewissen Stufe — ihm dünkt der Gedanke, aus einer Eidechse umgeformt zu sein zum Bezwinger der übrigen Eidechsen, erhaben und menschenwürdig genug, während gar mancher Philosoph einer Zeit, die ihre veredelten Götter in Marmorhallen oder gotischen Domen verehrte, sich dabei aber mehr und mehr der Natur entfremdet hatte, jeden Zusammenhang des Menschen selbst mit dem höchst entwickelten Tier als sittlich verabscheuenswert brandmarken zu müssen glaubte! — Von den spärlichen Flutsagen

der Festland-Australier knüpft die überlieferte westaustralische evident an ein lokales Ereignis an: zwei Stämme an den zwei Ufern eines Stromes leben lange in Freundschaft; dann wird der eine stolz und isoliert sich; ein endloser Regen kommt, der Fluß steigt und die Verschmähten von der Südseite des Flusses flüchten; als sie zurückkehren, ist drüben ein offenes Meer, das ihre früheren Freunde verschlungen hat. Wenn solche Erzählungen zu Ohren der Missionare kommen, die an den mosaischen Bericht glauben und Spuren ihrer Sündflut überall suchen, so entstehen leicht Verschiebungen und die rege Phantasie der Schwarzen fälscht wohl bald selbst unvermerkt die eigene Tradition zu Gunsten des neuen Berichts um, den der Weiße ihm in den Mund legt; in diesem Falle aber glaubt man einer sehr echten und harmlosen Urquelle rein lokaler Flutsagen noch nahe zu sein, die Licht auf den Ursprung der meisten wirft.

Vom Australneger zum Eskimo des äußersten amerikanischen Nordens und seinen asiatisch-europäischen Verwandten ist ein weiter Sprung. Der veränderte Hintergrund giebt völlig andere Naturbilder. Dem Eskimo ruht in seiner Phantasie das Himmelsgewölbe auf einem spitzen Berge im Norden und dreht sich auf ihm. Seine Mythologie knüpft bei unserem Sternbild des großen Bären an, in dem er ein Renntier sieht; im Origürtel schaut er Seehundsjäger, die einst den Weg von der Jagd nicht zurückgefunden und in den Himmel geraten sind. Aus der Erde, berichtet der Grönländer, entstand der Mann. Er zeugte mit einem Erdenkloß das Weib. Die ersten Menschen stritten sich dann, ob die Menschen unsterblich sein sollten oder nicht. Das Weib sprach: „Laß sie sterben, daß ihre Nachkommen Platz haben.“ Nach einer anderen Sage schuf der erste Mann das Weib aus seinem Daumen. Eine Flutmythe der Zentraleskimo in Nordamerika berichtet von Wassermassen, die mit Eis bedeckt die Berggipfel überstiegen. Als sie sich verlaufen, war das Eis oben auf den Bergspitzen hängen geblieben Wale und Muscheln aber lagen in Menge auf dem Trocknen und finden sich dort heute noch. Eine völlige Vernichtung auch nur der Mehrzahl der Menschen fand aber nicht statt. Als Kern des Mythus erkennt man hier sehr leicht eine Erklärungshypothese für Gipfel mit ewigem Schnee und versteinerte Muscheln — in der That zwei Naturphänomene, die zum Nachdenken reizen konnten.

Ein melancholischer Zauber liegt in den Zukunftsbildern, mit denen ähnlich wie bei unseren germanischen Sagen von der „Götterdämmerung“ der grönländische Weltmythus schließt. Einst werden alle Menschen gestorben sein. Dann reinigt eine Riesenflut die Erde. Auf der geebneten Fläche aber fegt der Sturm den geläuterten Staub zu einem neuen, schöneren und glücklicheren Menschengeschlecht zusammen. Man fühlt sich mit den paar Zügen greifbar in die Anschauungswelt des Polarländers versetzt, der noch heute mit der Eiszeit ringt: die endlose, nordlichtrote

Nacht taucht auf mit ihrer vollkommenen Totenstarre, die Schneestürme toben auf der ungeheuren blanken Fläche des grönländischen Binneneises, gegen dessen grausig ödes Bild die afrikanische Wüste belebt und wohnlich scheint, und in enger Hütte verkommt ein nicht unintelligentes Volk in Schmutz und geisteslähmendem Aberglauben ..... kein Wunder, daß hier der Mythus sich mehr mit dem Ende aller Dinge, als mit ihrem voreinstigen Anfang befaßt.

Die Schöpfungssagen der echten afrikanischen Negerstämme erheben sich, obwohl die Kulturfortschritte sonst vielfach bedeutsame sind, nur wenig über die der Buschmänner oder Australier. Die kleinen schwarzen Eidechsen der letzteren ersetzt das seltsamste afrikanische Reptil, das glotzäugige, wie verzaubert im gleichfarbigen Mimosenlaub hängende Chamäleon mit den zangenartigen Stelzbeinen, der veränderlichen Pergamenthaut und der langen starren Schwanzspirale — ein Geschöpf allerdings, das wie kein zweites in die groteske Fratzenwelt des groben Fetischkultus und Zaubererschwindels der Negervölker paßt. Im Gebiet der Nilquellseen erzählen die Wanyoro von einer Urzeit, da die Menschen ewig lebten. Als sie einst übermütig wurden, warf der „große Zauberer“ im Zorn die Himmelskuppel auf die Erde und schlug alles kurz und klein. In die Öde setzte er dann ein neues Menschenpaar, das aber geschwänzt war. Das Weib gebar einen Sohn und zwei Töchter, die sich vermischten, und aus der Geschwisterehe entsprang bei der einen Tochter das Chamäleon, bei der andern ein Riese, der Mond. Das Chamäleon war boshaft und quälte den Riesen. Da nahm der große Zauberer den Mond in seinen Himmel hinauf, wo er noch steht. Zur Erinnerung an seine irdische Herkunft aber muß er abnehmen, als wolle er sterben, auch hat ihm die neidische Sonne Flecken ins Gesicht gebrannt. Die Nachkommen des Chamäleon breiteten sich inzwischen unbehindert über die Erde aus. Allmählich gingen die Schwänze verloren und die bleiche Farbe ward im Sonnenbrande schwarz. — Zum charakteristischen dieser wie der australischen Sage gehört das Grübeln, warum der Mensch nicht gleich den meisten Tieren einen Schwanz trage. Der Naturmensch ging nicht von mystischer Spekulation aus. Ihm hatte das Tier eine Seele so gut wie er. Aber ein so grob sinnfälliges äußerliches Merkmal wie der Mangel des Schwanzes beim Menschen führte ihn zum Nachdenken und — als naives Produkt unbeholfenen Verknüpfens — zum Mythus. Der Naturforscher von heute wird auch das Schwanz-Argument nicht mehr für sehr wichtig halten. Es giebt äußerlich geschwänzte Menschen — nicht als konstante Rasse in irgend einer Fabelgegend, wohl aber als gelegentliche Abnormität. Am Skelett weist der Anatom überdies die greifbaren Reste der Schwanzknochen bei allen Menschen nach, und als Embryo im Mutterleibe hat jeder von uns einen recht ansehnlich „geschwänzten“ Keimzustand durchgemacht.



Riesenhirsch (Cervus euryceros).
In den Proportionen des im Britischen Museum zu London vorhandenen Skeletts rekonstruiert von Dr. Ernst Schäff.

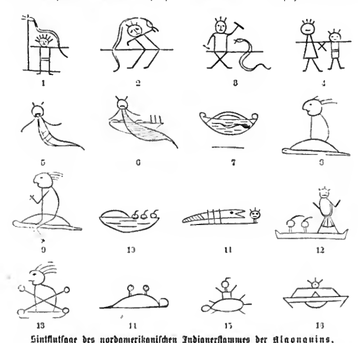
Unverhältnismäßig viel reicher und umfassender werden die kosmogonischen Träumereien, wenn man sich den Südsee-Völkern und den amerikanischen Indianerstämmen zuwendet. Kein Naturvolk der Erde hat sich ein solches Netz mehr oder minder anschaulicher Schöpfungsmärchen ausgedacht wie die Polynesier, Mikronesier und Melanesier des großen, rätselreichen Korallen-Ozeans. Vom Alpenland der neuseeländischen Südinsel, deren Gletscher zu Farrnwäldern niedersteigen, bis zu dem brodelnden Höllenschlund der Riesenkrater von Hawai, über die Kokospalmenkränze der runden Atolle hin, an deren steiler Riffmauer ungezählte Millionen winziger Pflanzentiere gebaut, bis zu dem Erdteil der Paradiesvögel, Neu-Guinea, flutet eine einzige große Mythenwelle in hundert Brechungen und Kräuselungen. Und in der Gedankenwelt nackter, bizarr tättowierter Kanibalen offenbart sich uns eine Fülle phantasiereicher Welterklärungen, hinter denen sich kein geringes Stück aufmerksamer Naturbeobachtung verbirgt. Der klar greifbare Teil der polynesischen Kosmologie beginnt damit, daß Rangi, der Himmel, und Papa, die Erde, fest aufeinanderliegen, — ein Bild des uferlosen Meeres bei Nacht, da alles verschwimmt, das Wasser nicht vom Himmel sich scheidet, — das echte Urbild für ein Inselvolk! Vorauf laufen als vage Vorstellungen eines noch anfänglicheren Chaos, aus dem dieser Doppelbegriff „Himmel und Erde“ sich schon als Vollkommeneres löst, mystische Träumereien, die an buddhistische Spekulationen des Nichtseins, der Urnacht, des Ursehnens u. s. w. anzuklingen scheinen, aber vielleicht etwas willkürlich und voreingenommen von modernen Forschern, die selbst das Mystische lieben, gedeutet worden sind. Bei den neuseeländischen Maoris ratschlagen die Kinder jenes fest gepreßten Paares, wie sie Licht gewinnen und die Oberfläche der Erde von der Last des Himmels befreien sollen. Der wildeste Sohn will beide Eltern erschlagen. Ein anderer (der „Herr des Waldes“ genannt) rät, sie nur zu trennen. Rangi, sagt er, mag uns ein fremder werden; aber Papa (die Erde) muß als nährende Mutter bei uns bleiben. Nur der Dritte, der Windgott, möchte, daß die Trennung nicht stattfinde. Nachdem die anderen sich aber geeinigt, beginnen sie das Teilungswerk. Dem Gott der Wälder glückt es, den Himmel zu heben, indem er den Kopf gegen die Mutter Erde stützt und die Füße wider den Vater stemmt. Endlich sind Erde und Himmelswölbung für ewig gesondert, und gleichzeitig wird es auf der Erde hell. Aber unter den Brüdern ist Zwist gesäet. Der Windgott hält zum Vater, wirft die Bäume des Waldherrn nieder und peitscht das Meer aus Land. Die Meertiere flüchten zum Ufer, der Meergott fordert sie zurück, und so hebt auch Fehde an zwischen Meer und Land. Der Waldgott schenkt den Menschen Kahn und Netz, um das Meer zu bezwingen. Aber der Herr des Ozeans stürzt die Nachen um und verschlingt Küste und Dorf. Nur Himmel und Erde, die Eltern, sind sich in all dem Kampfe und trotz ihrer Trennung treu geblieben. Die Seufzer

Papas, der Erde, wallen als Nebel auf, die Thränen Rangis fallen als Tau herab. In seiner schlichten Größe, mit greifbaren Beziehungen auf ein seefahrendes Volk, das von Insel zu Insel sich ausbreitet, steht dieser Maori-Mythus sicherlich nicht hinter dem mosaischen zurück. Die Einzelheiten verändern sich bei den verschiedenen Stämmen, aber die eingeflochtenen Züge sind stets charakteristisch. In Tahiti schiebt eine ungeheure Arum-Pflanze den Himmel empor; auf den mikronesischen Gilbert-Inseln unterstützt den Gott, der die Himmelsschale zurückdrängt, ein gigantischer Tintenfisch, — in anderer Variante wieder preßt der Himmel die Erde gerade deshalb, weil ein solcher Tintenfisch ihn umklammert hält, den in der Folge der Befreier zerreißt. Sinnvoll wird das Auftauchen des Landes aus dem Meere geschildert als das Ergebnis eines Fischzuges: ein göttlicher Fischer angelt zuerst Feldfrüchte, endlich schwillt sein Netz von einem Riesenfang, — er hebt eine Insel empor. Man glaubt unwillkürlich hier das Bild einer wirklichen Landbesiedelung vor sich zu sehen, wie sie immer wieder in der inselreichen Südsee stattgefunden hat: Fischer lassen sich durch gute Beute aufs hohe Meer verlocken, — auf einmal sehen sie eine neue Klippe, ein neues bewohnbares Korallenriff vor sich, und der Stamm wandert dahin aus. Über die Herkunft der Menschen schwanken die Sagen: bald zeugen unter sich die Götter das erste Paar, bald wird es aus Stelnen geschaffen. Auf den melanesischen Banksinseln hat der Gott Quat ein Wesen aus biegsamen Zweigen spielend zusammengeflochten: auf einmal lächelt es, und er erkennt, daß er ein Weib geschaffen hat. Das Weib tritt in diesem Kreise immer zuerst hervor, umgekehrt wie in unserem mosaischen Bericht. An Flutsagen ist natürlich kein Mangel auf diesem bewegten Boden, wo bald das Boot leck wird am hartkantigen Riff, bald die ganze vulkanische Insel bebt und sich senkt oder, wie auf Neuseeland, kochende Dampfquellen brausend aus dem zitternden Boden brechen. Merkwürdiger als der so leicht gegebene physische Anlaß gerade zu diesen Sagen ist ihr moralischer Gehalt, der an die Sodom-Legende der Bibel, wie an die Sintflutsage der Hellenen anklingt. Die Götter, heißt es auf den mikronesischen Palau-Inseln, wurden bei einem Besuch auf der Erde unfreundlich von den Menschen empfangen. Nur eine einzige Frau erquickte sie. Auf ihr Geheiß baute die brave Wirtin ein Bambusfloß und legte sich in der Vollmondnacht darauf schlafen. In der Nacht kam ein Wolkenbruch und alles ertrank. Nur das Weib trieb auf ihrem Floß so lange, bis ihr Haar an einem Baume hängen blieb, der auf einem Berggipfel stand. Sie stieg aus, verschmachtete aber, ehe das Wasser sich verlaufen hatte. Als die Götter wiederkehrten und sie tot fanden, ließen sie eines ihrer himmlischen Weiber in ihren Leib fahren, belebten sie so noch einmal für kurze Zeit und zeugten fünf Kinder mit ihr, von denen die Palauinsulaner stammen. — Der Reichtum der Südsee-Mythen, die sich noch erzählen ließen, ist unerschöpflich. Zuweilen erscheint

er allerdings wie älteres, nur bruchstückweise erhaltenes Kulturmaterial. Ein Geheimnis schwebt der Forschung noch über diesen Stämmen. Seine Lösung würde auch hier auf keine geoffenbarte „Urweisheit" führen, davon verraten die mitgeteilten Reste ja keine Spur. Aber ein geschichtliches Mysterium könnte sich enträtseln. Seine Züge, die dem Mythenforscher aus der polynesischen Kosmogonie entgegentreten, sind wahrscheinlich dieselben, die den Reisenden anstarren aus den seltsamen Steinkolossen am Strande der Osterinsel. Mehrere Hundert an der Zahl, stehen dort gigantische, bis 15 m hohe Steinköpfe. Die wenig kultivierten, fast völlig nackten heutigen Insulaner können sie nicht gemacht und vollends nicht an ihre schwer zugänglichen Plätze transportiert haben. Am Rücken finden sich unlesbare Hieroglyphen. Jeder Faden der Weltgeschichte reißt hier ab, nichts meldet uns, wieviel Jahrhunderte aus diesen blöden Steinaugen über den blauen Spiegel der Korallensee glotzen, was für ein Volk hier einst Station gemacht hat und dann spurlos verschwunden ist.

Aus der Fülle indianischer Mythen seien hier nur ein paar Züge angedeutet. Das Wort „Indianer" umschließt einen weiten Begriff. Es reicht von isolierten südamerikanischen Urwald-Wilden vom Schnitte prähistorischer Steinzeit, die heute noch in ihrer Einfachheit fortexistieren, bis zu den begünstigten Hochlandbewohnern Mexikos und Perus, bei denen die europäischen Eroberer des sechzehnten Jahrhunderts eine Kulturblüte mit roher Faust zerstören durften, die sich sehr wohl mit jener urbabylonischen vergleichen läßt, aus deren Mythen-Extrakt unser mosaischer Schöpfungsbericht sich in der biblischen Form herauskrystallisiert hat. Die amerikanische Sonderkultur (die dritte große Parallele in der Reihe der unabhängigen Menschheitskulturen neben China-Japan und Westasien-Mittelmeer) schließt aus äußeren, unberechenbaren Gründen und gewaltsam ab in dem hochbedeutsamen Moment, da, vor allem im Inkatum der Peruaner, der Sonnenkultus, dem die kosmogonischen Mythen sich angepaßt hatten, verschmolz mit dem Gottesgnadentum und der gleichsam persönlichen Sonnenrepräsentation durch das weltliche Staatsoberhaupt. Die Zeit naiven Fabulierens auf Grund von allerlei Beobachtungen, vager Erfahrungstradition und phantastischer Märchenkomposition war an dieser Stelle unbedingt vorüber und der feste Krystallisierungsprozeß, der bei uns die mosaische Legende festlegte und offiziell machte über mehr als ein Jahrtausend hinaus, hatte in Mexiko und Peru zweifellos bereits in ähnlicher Form begonnen. Auf der andern Seite lebten und leben die von diesen Kulturcentren nicht in ihr Netz verflochtenen und also auch nicht in ihren Sturz hineingerissenen, freien Indianerstämme Nord- und Südamerikas noch durchaus im naiven Mythus, und so ist in wenig Sätzen nur schwer ein charakteristisches Gesamtbild zu gewinnen. Es kommt aber auch nicht allzu viel darauf an. Die Vorstellung, daß die bewohnte Erde als Insel

aus den Wassern rage, ist hier wie bei den Polynesiern überall Grundlage. Bei den nordamerikanischen Muskotschi ziehen im Anfang zwei Tauben die Erde an einem aus den Wassern ragenden Grashalm hervor. Bei den Yokut ist der Halm eine Stange im Urmeer, auf die eine Krähe und ein Habicht von göttlichen Kräften sich niederlassen; sie erzeugen eine Ente, die den Schlamm aus der Tiefe holt. — Man erinnert sich unwillkürlich



Sintflutsage des nordamerikanischen Indianerstammes der Algonquins,
in Rindenstücke eingeritzt, 1822 von Rafinesque gesammelt.
Die Menschen werden zuerst von einer Schlange bedrängt. Dann kommt mit Fig. 6 das Wasser. Fig. 7 ist alles überschwemmt. Fig. 8 und 9 reitet Manabozho, der „Großvater der Menschen“, auf einer Schildkröte heran. Die auf der Flut schwimmenden Menschen (Fig. 10) suchen nach dem trockenen Rücken der Schildkröte. Seeungetüme (Fig. 11) stellen ihnen nach. Endlich retten sich alle auf die Schildkröte (Fig. 14), bis die Erde wieder trocken wird. (Nach Richard Andree Die Flutsagen, Braunschweig 1891.)

der wirklichen Entstehungsweise einer schlammigen Bank inmitten einer Flußmündung, etwa am Mississippi, wo auch zuerst Schilfhalme die Untiefe begrünen, bis zuletzt die neue Insel aus abgelagertem Schwemmmaterial fertig ist und den Strom in ein Delta teilt. Die Bella-Coola-Indianer, hoch im Norden, lassen die Sonne von einem Raben dem Menschen zugetragen werden. Ein Häuptling von göttlicher Macht setzt sie an den

Himmel und knüpft die Erde durch ein langes Tau daran fest, damit sie nicht in den Ozean versinke. Als er später die Menschen zum Teil vernichten will, läßt er das Tau sich strecken, bis die Gewässer über die Berge steigen. Eigenartig ist so hier der Sintflutmythus an eine Senkung des Landes geknüpft statt an eine Hochflut vom Wasser aus oder einen endlosen Regen vom Himmel wie sonst. In anderen indianischen Mythenkreisen wölbt sich die Erde auf dem Rücken einer Schildkröte empor, die im Weltmeer ruht: bei den ebenfalls Nordamerika angehörigen Mandan leitet man den Ursprung der Sintflut von dem drolligen Vorgang ab, daß ein Indianer beim Ausstechen einer Dachshöhle den Panzer dieser Ur-Schildkröte durchbohrt habe. Die Schildkröte spielt überhaupt eine große Rolle. Auf den oben mitgeteilten Kritzeleien, die, falls die Auslegung richtig ist, den Sintflutmythus der nordamerikanischen Algonquins (von Rafinesque 1822 bei den Delawaren auf bemalten Rinden gefunden) zur Darstellung bringen, sieht man den guten Geist, der den in der Flut ertrinkenden, von Seeungetümen bedrängten Menschen auf dem Rücken einer Schildkröte entgegenreitet und Hilfe bringt. Flut über Flut füllt die amerikanische Mythenwelt. Bei den vorgeschrittenen Kulturvölkern erscheinen die Sintfluten gleichsam periodisch geregelt. Jede Sonnenfinsternis weckte dem Peruaner die Angst, es stehe eine neue Periode solchen Weltuntergangs bevor. Aber zu der Zerstörung durch Wasser trat diesen Kolonisten am Fuße ewig brüllender und tobender Vulkane die Idee verheerender Erdbeben und Feuerregen. Ihr Blick lenkte sich auf die Tiefen der Erde, auf eine hohle Unterwelt, von wo Verderben oder Heil nahte. So gehört zu den Sagen der schon erwähnten Mandan die seltsame Legende von einem einstmaligen unterirdischen Leben der Menschen. Nur eine Rebe ließ zwischen ihren Wurzeln etwas Licht hinabsickern. Die Kühnsten erklommen sie und fanden die reich gesegnete Oberfläche; aber nur die Hälfte drang nach, dann brach die Rebe unter der Last eines allzu dicken Weibes und verschloß den Zurückgebliebenen für immer das Licht. Als die Inka-Herrschaft in Caxamarka jäh unter den Fäusten der Spanier zusammengestürzt, träumte der von neuem mythenbildende Volksgeist von einer Versenkung ihrer goldenen Zeit in den Erdenschoß fast mit den Bildern unserer Barbarossalegende.*) — Die

*) „Der Sohn des Caciquen Astorpilco“, erzählt Humboldt (Ansichten der Natur, Reclam'sche Ausgabe p. 412 f.), „ein freundlicher junger Mensch von 17 Jahren, der mich (in Caxamarka) durch die Ruinen seiner Heimat, eines alten Palastes, begleitete, hatte in großer Dürftigkeit seine Einbildungskraft mit Bildern angefüllt von der unterirdischen Herrlichkeit und den Goldschätzen, welche die Schutthaufen bedecken, auf denen wir wandelten. Er erzählte, wie einer seiner Altväter einst der Gattin die Augen verbunden und sie durch viele Irrgänge, die in den Felsen ausgehauen waren, in den unterirdischen Garten des Inka hinabgeführt habe. Die Frau sah dort kunstreich nachgebildet im reinsten Gold Bäume mit Laub und Früchten, Vögel auf den Zweigen sitzend

lokalen Erfahrungen verleugnen sich auch sonst nirgendwo. Die periodisch wiederkehrenden Sintfluten werden nicht bloß durch Archen-Bau überwunden, sondern auch durch Rettung ins Hochgebirge, durch Erklettern ungeheurer Palmen, die so rasch wachsen, daß die Flut nicht nachkommen kann. Der Mensch geht in sehr vielen dieser Sagen (auch bei den Mexikanern) aus Steinen hervor. In zahlreichen Indianersprachen bedeutet das Wort für Mensch gleichzeitig Erde oder Stein. Nach der Sintflut schaffen (ebenfalls bei Indianern Nordamerikas) die wenigen Geretteten andere Menschen, indem sie auf göttlichen Rat Steine hinter sich werfen, — eine Legende, die seltsam genug im indogermanischen Mythus sich wiederholt, ohne daß man die Brücke kennt. Am verwickeltsten ist die Menschenwerdung im heiligen Märchen der Quiché, des geheimnisvollen alten Kulturvolks von Guatemala. Die Götter, heißt es da, schufen zuerst die Tiere, ärgerten sich aber, weil sie stumm waren und ihnen keine Verehrung darbrachten. So machten sie Menschen aus Thon. Aber auch diese waren Mißgeburten, die den Kopf nicht wenden und zwar sprechen, aber nichts verstehen konnten. Eine erste Vernichtungsflut mußte helfen. Von neuem gingen die Götter ans Schaffen, diesmal formten sie den Mann aus Holz, das Weib aus Harz. Doch auch dieses Geschlecht brachte es noch nicht zu der erwünschten Verehrung der Götter. Da ließ Hurakan, das Herz des Himmels, abermals die Welt untergehen, und zwar durch einen Regen von brennendem Harz und ein Erdbeben. Nur ein paar Menschen retteten sich, — aus ihnen wurden die Affen. Die Götter aber machten jetzt endlich ihr Meisterstück: sie schufen

---

und den vielgesuchten goldenen Tragsessel (una de la andas) des Atahuallga (des letzten von den Spaniern hingerichteten Inka von Peru). Der Mann gebot seiner Frau, nichts von diesem Zauberwerke zu berühren, weil die längst verkündigte Zeit (die Wiederherstellung des Inkareichs) noch nicht gekommen sei. Wer früher sich davon aneigne, müsse sterben in derselben Nacht. . . . . . Die krankhafte Zuversicht, mit welcher der junge Astorpileo aussprach, daß unter mir, etwa zur Rechten der Stelle, wo ich eben stand, ein großblütiger Daturabaum, ein Guanto, von Golddraht und Goldblech künstlich geformt, den Ruhesitz des Inka mit seinen Zweigen bedecke, machte einen tiefen, aber trüben Eindruck auf mich. Luftbilder und Täuschungen sind hier wiederum Trost für große Entbehrungen und irdische Leiden. „Fühlest du und deine Eltern“, fragte ich den Knaben, „da ihr so fest an das Dasein dieser Gärten glaubt, nicht bisweilen ein Gelüste in eurer Dürftigkeit nach den nahen Schätzen zu graben?“ Die Antwort des Knaben war so einfach, so ganz der Ausdruck der stillen Resignation, welche der Rasse der Urbewohner des Landes eigentümlich ist, daß ich sie spanisch in meinem Tagebuche aufgezeichnet habe: „Solch ein Gelüste (tal antojo) kommt uns nicht; der Vater sagt, daß es sündlich wäre (que fuese pecado). Hätten wir die goldenen Zweige samt allen ihren goldenen Früchten, so würden die weißen Nachbarn uns hassen und schaden. Wir besitzen ein kleines Feld und guten Weizen (buen trigo).“ Wenige meiner Leser, glaube ich, werden es tadeln, daß ich der Worte des jungen Astorpilco und seiner goldenen Traumbilder hier gedenke.“

den echten Menschen aus weißem und gelbem Mais. Anfangs war er sogar so vollkommen, daß die Meister selbst ob ihres Werkes erschraken. Sie mußten ihm einige zu gottähnliche Eigenschaften wieder nehmen, und so stand denn endlich der Ahne der Quiché's fertig da.

Wir haben mit den Amerikanern der mexikanisch-peruanischen Hochlande bereits die Wende von Naturvölkern und Kulturvölkern im strengen Sinne überschritten. Allerdings nur an einer Stelle, wo ein frühes, unverschuldetes Schicksal — der gewaltsame Einbruch der Spanier unter Cortes und Pizarro — diese Kultur in erster Blüte erstickt hat. Diesem Verlaufe sehr unähnlich, stieg die altweltliche Kultur (vor allem die, welche sich allmählich um das Mittelmeer konzentrierte und dann in der Folge bis nach dem Norden Europas hinaufwuchs) verhältnismäßig einheitlich empor, berührte sich und verschmolz nationenweise ineinander und erzeugte schließlich jenen Kulturkomplex, der fortan für „die Kulturmenschheit“ galt und einen erfolgreichen Kolonisations- oder Vernichtungskampf gegen alle auf der Naturstufe stehen gebliebenen Völker unternahm.

Es wird genügen, die Kosmogonie dieser großen Kulturvereinigung in einer Linie zu verfolgen, — in der dauerhaftesten nämlich: — der, die nachmals im christlichen Mythus fest krystallisierte und bis in unsere Tage als solche hineinragt.

Die verschlungenen Wege, wie sich innerhalb der Kulturwelt neben dem alt überlieferten kosmogonischen Mythus die Naturerforschung sieghaft emporarbeitete, schildern die nächsten Kapitel. Das Zerfließen des ursprünglichen Mythus in die vielfach verwickelten Feldzüge spekulierender Philosophie hinein zu betrachten, liegt nicht im Rahmen meiner Arbeit. Es sei darauf hingewiesen, daß kosmogonische Mythen in irgend einer philosophisch-begrifflichen Verbrämung sich hineinziehen bis in die Philosophie unserer Tage: so die indische bis in die gewaltigen Ideengänge Arthur Schopenhauers. Diese verzweigten Fäden im einzelnen aber aufzusuchen, darf ich mir hier nicht mehr als Aufgabe setzen.

Die hebräische Kosmogonie, niedergelegt in dem sogenannten ersten Buche des Mose, hat das eigentümliche Glück genossen, über Jahrtausende weg den Wandel der Dinge zu überleben und eine gewisse Macht sich bis in Zeiten zu bewahren, die von ihren Entstehungstagen genau so weit entfernt sind, wie etwa der Nordpolfahrer von heute, der mit allen Mitteln der Naturwissenschaft und zu Zwecken dieser Naturwissenschaft die äußersten bewohnbaren Orte jenseits des Polarkreises besucht, von dem auf einer sehr niedrigen Stufe stehen gebliebenen, dort ansässigen Eskimo. Durch das Dogma der Kirche geschützt, ist sie auf uns gekommen gleich jenen riesigen Leichen der sibirischen Mammut-Elefanten, die im Eise einfroren und erst vor unseren Augen mit Haut und Haar wieder zu Tage traten. Dennoch, wenn wir sie genauer betrachten, verleugnet sie durchaus nicht ihre alte,

der Völkerkindheit angehörige Gestalt, — ebenso wenig wie jene Elefantenleiber ihre Zugehörigkeit zur längst verschwundenen Eiszeit verleugnen können.

Die streng sachliche, unbefangene Wissenschaft unseres Jahrhunderts, die jenen Mammuten ihren rechten Platz anwies, hat, unbekümmert um alle Bannstrahlen, sich auch mit Ernst der Aufgabe unterzogen, die Naturgeschichte dieses geheimnisvollen kulturgeschichtlichen Fossils nach Kräften klar zu legen. Die Resultate sind bereits jetzt in den wesentlichsten Punkten völlig unanfechtbare.

Die Bücher des Mose im alten Testament sind als „Bücher" keineswegs so alt, wie die Beziehung zu „Mose" erwarten ließe. Sie stammen in der vorliegenden Gestalt weder von Mose her, noch überhaupt von einem einzelnen Verfasser. Daß sie nicht ganz von Mose herrühren, beweist schon die Thatsache, daß am Schlusse Mose's Tod erzählt und hinzugefügt wird „es stand hinfort kein Prophet auf in Israel u. s. w." (5. Mose 34,10). An anderen Stellen, z. B. in den Worten (1. Mose 36,31) „und dies sind die Könige, welche im Lande Edom herrschten, ehe denn die Kinder Israel Könige hatten", geht deutlich aus dem Text hervor, daß der Verfasser erst lebte, als in Israel die Königsherrschaft wieder eingeführt war, also sehr lange Zeit nach Mose. Sieht man von Mose aber selbst ab, so zerfällt das ganze Werk — und zwar schon gleich zu Beginn bei der für uns wichtigsten Schöpfungsgeschichte — in eine Reihe unabhängig voneinander entstandener Stücke, die nur ungeschickt zu einander geschweißt sind. Für die Schöpfungs- und Sintflutsage kommen zwei solcher Sonderquellen in Betracht. Die eine geht wahrscheinlich zurück auf Aufzeichnungen aus Priesterkreisen, die wesentlich gesetzliche Bestimmungen über Opfer u. s. w. enthielten mit einer geschichtlichen Einleitung; ihre Entstehungszeit schwankt zwischen dem neunten bis fünften Jahrhundert v. Ch. Die andere Quelle ist ein vielleicht noch im neunten Jahrhundert verfaßtes Geschichtswerk; in den aus ihm entnommenen Stellen wird als Gottesname durchweg „Jahwe" gebraucht. Beide Quellen mischen (und widersprechen!) sich oft in der wunderlichsten Weise. Kapitel 1 der Genesis, die eigentliche Schöpfungsgeschichte, gehört ganz zu jenen Priesterurkunden. Hier wird die Erschaffung des Menschen im Anschluß an die eingehende Erzählung von der Schöpfung Himmels und der Erden als Schlußakt kurz erwähnt mit den Worten: „Und er schuf sie ein Männlein und Fräulein." Die ersten vier Verse von Kapitel 2 des Luther'schen Textes gehören noch hierzu. Dann setzt (in einer bei Luthers mangelhafter Übersetzung allerdings stark verwischten, in Wahrheit sehr groben Trennung) mit den Worten „Zur Zeit, als Jahwe-Gott Himmel und Erde machte, es gab aber auf Erden noch gar kein Gesträuch auf den Fluren" u. s. w. (Luther übersetzt ganz anders!) die in der Schaffung des Menschen wesentlich abweichende Quelle des Jahwe-

Buches ein (Adam wird zuerst allein geschaffen!) und reicht bis zum Schluß des 4. Kapitels. In der Sintflutsage (Kapitel 7 und 8) wechseln fast Vers um Vers die beiden Texte miteinander ab. Berichtet der Jahwe-Text in Vers 7 des 7. Kapitels, daß Noah sammt Weib und Söhnen und zahlreichen Tierpärchen in die Arche gestiegen sei, so läßt ihn der Priesterbericht in Vers 13 noch einmal genau dasselbe thun, u. s. f. Der Wiederholung und Konfusion ist kein Ende!

So viel zur Charakteristik des Bibel-Textes in der vorliegenden Gestalt. Die nächste wertvolle Frage muß sein: Woher stammen nun diese in der Zeit vom neunten bis fünften Jahrhundert v. Chr. niedergelegten Schöpfungssagen? Sind sie uralter hebräischer Besitz, der durch Tradition vielgestaltig im Volke lebte? Oder weisen Züge darauf hin, daß es sich um Mythen anderer Kulturvölker der frühesten Zeit handelt, die von den Juden angenommen worden waren, etwa wie später der mosaische Mythus von den christlich werdenden Germanen? Auch hier haben äußerst glückliche Forschungsresultate der neuesten Zeit Licht im Dunkel geschaffen. Der Schöpfungs- und Sintflutbericht, wie ihn das Geschichtsbuch des Jahwisten und der Priesterkodex der Königszeit wiedergeben, ist in der That ein uralter Mythus, dessen Wurzeln sich zurückverfolgen lassen bis an die geschichtliche Grenze des Semitentums überhaupt, von dem die Hebräer nur einen Zweig darstellten, und eine sehr viel ältere Quelle als die Genesis hat sich dem staunenden Blick kühner Forschungspioniere jählings aufgethan in den kosmogonischen Mythen der Babylonier.

Die Bibel selbst erzählt von einer alten Wanderung der nachmaligen Herren Palästinas aus Mesopotamien, aus Babel, aus dem Lande zwischen Euphrat und Tigris fort nach Kanaan — lange vor den Beziehungen zu Ägypten und der Zeit des Mose. An Ägypten gemahnt in der That kein Zug der mosaischen Kosmogonie. Die Ägypter, deren Nilstrom periodisch schwoll, aber eben dadurch der Wohlthäter des Landes wurde, besaßen naturgemäß keine Sintflut-Legende, in der die Überschwemmung als Schreckensbild erschien. Also wies die Wahrscheinlichkeit schon nach Babylonien — in das bedrohte Flachland zwischen zwei Strömen, den berufenen Ort zur Ausbildung einer Sage von verheerendem Flutensturm, vor dem den Eingeschlossenen kein Ausweg blieb. Der unerwartetste Erfolg sollte der Vermutung recht geben.

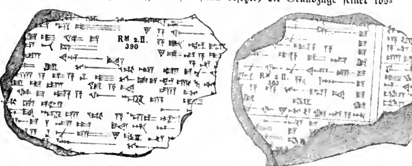
Im ersten Jahrzehnt unseres Jahrhunderts entzifferte ein junger deutscher Gymnasiallehrer, Grotefend, zum erstenmal einzelne, schon aus der Geschichte bekannte persische Königsnamen (Darius, Xerxes) in der sogenannten Keilschrift, d. h. den keilförmigen Schriftzeichen auf den Ruinen von Persepolis, Babylon u. s. w. aus der Zeit der assyrischen, babylonischen und persischen Reiche. Allmählich folgte die völlige Beherrschung. Mit der neuen Schrift that sich eine neue Welt auf. Ganze



Trümmer von Babylon.

Bibliotheken, unzerstörbar in Thontafeln und Thoncylinder eingebrannt, spendeten ihr Wissen, und der moderne Forscher schaute auf einmal hell in die Litteratur einer Zeit, die selbst dem gebildetsten Griechen der klassischen Tage schon sagenhaft erschienen war. Unter dem gewaltig sich häufenden Material aber erschien als Krone gleichsam der altbabylonische Schöpfungsmythus. Mit ihm hatte man die Quelle der hebräischen Legenden unzweideutig in der Hand.

In grauer Zeit sind die Semiten — unbekannt woher — ins Euphratland eingewandert. Sie fanden dort schon eine reiche Kultur. Ob sie mit ihr — erobernd zugleich und eingesponnen doch in das kulturelle Netz ihrer Unterjochten wie nachmals die Römer bei den Griechen — auch schon den Schöpfungsmythus vorfanden, stehe dahin. Jedenfalls nahm der semitische Zweig, der später Palästina besetzte, die Grundzüge seiner kosmogonischen Bilder von dort mit und prägte sie nur noch im Sinne monotheistischer Auffassung individuell um.



Bruchstücke aus dem babylonischen Sintflut-Mythus.
In Keilschrift auf Thontafeln erhalten.

Auch der babylonische Keilschrift-Text, wie er uns überliefert ist, wurde niedergeschrieben wohl sicher nicht früher als der erhaltene Bibel-Text im angeblichen ersten Buche des Mose. Inhaltlich reicht er aber thatsächlich weit über Mose selbst hinaus, bis jenseits von 2000 v. Chr. Verweilen wir einen Moment bei seinem Wortlaut, soweit die Bruchstücke der Tafeln ihn uns bewahrt haben. Eine urälteste Stimme schallt uns aus ihm entgegen, vor der die Bibel jung wird und der nur die Pyramiden Ägyptens allein noch standhalten.

Der Mythus hebt an mit dem Chaos.*) „Als droben der Himmel

*) Die wörtlich angeführten Stellen im folgenden nach der neuen, trefflichen Übersetzung in P. Jensens „Kosmologie der Babylonier" (Straßburg 1890). Die Bedeutung einer Reihe einzelner Worte ist mehr oder minder unsicher, doch sind für unseren Zweck hier die von Jensen eingefügten Fragezeichen weggelassen.

noch nicht benannt ward, drunten die Erde noch nicht geheißen, da mischten der Ozean, der Allererste, der sie erzeugte, und das Wirrwar, die Meerflut, die sie alle gebar, ihre Wasser zusammen, während ein Rohrstand sich noch nicht vereinigte und ein Rohrdickicht nicht erzeugt ward. Als von den Göttern noch keiner geschaffen, ein Name nicht genannt, ein Schicksal nicht bestimmt war, da wurden hervorgebracht die Götter." Diese Einleitung des Mythus gleicht allerdings dem mosaischen Bericht noch gar nicht, man möchte seine Spuren eher in der späteren griechischen Chaos-Lehre wiederfinden. Eine Schöpfung aus Nichts findet nicht statt, die Urstoffe sind von Beginn an da. Die Götter selbst werden erst „hervorgebracht". Und es sind „Götter", in der Mehrzahl, nicht „der" Gott. Die Unähnlichkeit mit der Bibel scheint in der Folge zunächst noch zu wachsen. Eine Art Gigantenkampf schiebt sich ein. Tiamat, die chaotische Meerflut, hat sich irgendwie gegen die obersten Götter vergangen, sie bedrängt sie im Bunde mit Meerungetümen, — da nahezu zwei ganze Tafeln fehlen, ist der Zusammenhang nicht in jedem Punkte klar. Jedenfalls erwählen die bedrohten Götter, als der Text auf der vierten Tafel fortfährt, sich einen Vorkämpfer: Marduk. Beim Göttergelage wird er mit höchster Macht bekleidet. „Von heute ab" verkünden sie ihm „soll Dein Befehl nicht geändert werden. Erhöhen und Erniedrigen soll in Deiner Hand liegen. Feststehen soll Dein Wort, nicht widerstrebt werden Deinem Gebot. Keiner unter den Göttern soll Deinen Befehl übertreten. . . . Die Gesamtheit des ganzen Alls sollst Du haben. . . . Ein Wort und befiehl, daß werde — und es soll sein. Thu Deinen Mund auf — so soll das Kleid (das ihm die Götter vorher angelegt) verschwinden. Befiehl ihm: „Kehr wieder — und das Kleid soll da sein." Marduk macht die Probe, das Kleid verschwindet und kehrt zurück. Die Götter aber freuen sich und grüßen segnend: „Marduk sei König!" Marduk rüstet sich nun mit Blitzspeeren und ruft die Winde zu seinen Helfern, dann zieht er gegen Tiamat. „Es näherten sich Tiamat und der Kluge (Berater) unter den Göttern, Marduk, zum Kampf stürmten sie heran, kamen nahe zur Schlacht. Da breitete der Herr sein Netz aus und umschloß sie, einen Orkan, der hinten stand, ließ er vor sie los. Da öffnete er den Mund der Tiamat, ... ließ den Orkan hineinfahren, damit sie ihre Lippe nicht schlösse und füllte mit starken Winden ihren Bauch, blähte auf ihr Inneres und riß weit auf ihren Mund, packte fest den Speer und durchstieß ihren Bauch, durchteilte ihr Inneres und zerschnitt, was darin, faßte sie und vernichtete ihr Leben. Ihren Leichnam warf er hin, stellte sich darauf. . . . . ." Nachdem auch die Helfer der Tiamat besiegt sind, fährt der Text fort: „Er sah es und sein Antlitz freute sich, frohlockte, Geschenke, eine Friedensgabe, ließ er sich bringen. Da ward besänftigt der Herr, betrachtete ihren Leichnam . . . und erzeugte Kunstreiches. Er zerschlug sie . . . . in zwei Teile, stellte die Hälfte von ihr auf und machte

sie zu einer Decke, einer Himmelswölbung, schob davor einen Riegel und ließ einen Hüter sich hinstellen und befahl ihm, ihre Wasser nicht herausströmen zu lassen. Den Himmel verknüpfte er mit den unteren Gegenden und stellte ihn gegenüber dem Urwasser. . . . Dann maß der Herr den Umkreis des Urwassers und errichtete einen Großbau gleich wie jenen (d. i. den Himmel), nämlich den Großbau Jsara (d. i. die Erde), den er als eine Himmelswölbung baute . . . . . er machte die Standörter der großen Götter, Sterne gleich wie sie, und setzte die Tierkreisgestirne ein, er kennzeichnete das Jahr und zeichnete alle Bilder. Zwölf Monate (und je ?) drei Sterne setzte er ein. Nachdem . . . . legte er hin den Standort des Jupiter . . . . den Nordpol und den Südpol setzte er zugleich mit ihm fest. Und er öffnete Thore zu beiden Seiten, befestigte einen Verschluß zur Linken und zur Rechten. In die Mitte . . . . setzte er den Zenith. Den (Neu)mond ließ er ausstrahlen und unterstellte ihm die Nacht und kennzeichnete ihn als einen Nachtkörper. Um die Tage zu kennzeichnen, bedeckte er ihn allmonatlich ohne Aufhören mit einer Königsmütze, um am Anfang des Monats am Abend aufzuleuchten, daß die Hörner glänzten, um den Himmel zu kennzeichnen, um am siebenten Tage die Königsmütze zu hälften. . . . ." Wer diesen Teil der Schilderung aufmerksam verfolgt, findet zweierlei Bedeutsames darin. Einmal stehen wir offenbar noch vor den Resten eines echten Naturmythus, wie er uns bei den Naturvölkern allenthalben entgegengetreten ist. Die Götter spielen nur eine Nebenrolle. Sie sind selbst Geburten des Chaos. Dieses Chaos zu besiegen, erwählen sie Marduk. Marduk erscheint durchaus als Personifikation der Frühsonne. Sie besiegt das wilde, finstere Urmeer Tiamat, indem sie es durch ihr Licht in zwei Teile zerreißt: den Himmel und die Erde. Die Ausmalung im einzelnen verrät ein früh zur Astronomie hingewandtes Volk, das sich ein ziemlich festes Bild des Weltbaus gemacht hatte: die Erde (Jsara) als hohler Berg (gleich einer „Himmelswölbung") über den unten durchflutenden Wassern, — oben aber die wirkliche feste Himmelskuppel, an der die Gestirne, nachdem sie durch ein Thor eingetreten, hinwandeln, und über der ganz oben wieder ein „himmlischer Ozean" flutet, jenseits dessen endlich im „inneren Himmel" die Götter wohnen.

Das andere, was sich evident genug aufdrängt, ist von einer bestimmten Ecke aus die Beziehung zum biblischen Bericht. Marduk ist nichts anderes, als „der Herr" der Bibel, bloß daß der monotheistisch gestaltete mosaische Mythus seine Vorgeschichte wegläßt, die ihn selbst erst als ein Werkzeug der „Götter" und diese als Produkte des „Chaos" einzuführen weiß. Der Geist Gottes schwebt in der Genesis über den wüsten Wassern, wie Marduk, als er gegen Tiamat, das chaotische Urmeer, auszieht. Gleich Marduk, der die Hälfte der gespaltenen Tiamat aufstellt als Himmelswölbung mit einem Riegel davor, der das Wasser oberhalb der Wölbung zurückhalten soll, läßt „Gott" eine „Veste" werden „zwischen den Wassern" und scheidet





Die Welt nach babylonischer Vorstellung.

a) Inneres des Himmels, b) himmlischer Ozean, c) Erde, d) Totenwelt (d[1] Palast des Totenreiches, d[2] die sieben Mauern um das Totenreich), e) Quellhöhlung, f) Weltmeer, g) Berg des Sonnenaufgangs, h) Berg des Sonnenuntergangs, i) Versammlungsraum mit der Schicksalekammer, k) Damm des Himmels.
(Nach P. Jensen, Kosmologie der Babylonier.)

durch sie das „Wasser unter der Veste“ von dem „Wasser über der Veste“, worauf die Veste „Himmel“ genannt wird. Und ebenso parallel folgt in beiden Berichten jetzt erst unterhalb dieser Veste die Scheidung von Land und unterem Meer: die Einrichtung der Erde und nach diesem die Einsetzung der Himmelskörper zur Scheidung von Tag und Nacht. Ein Bruchstück einer späteren Tafel läßt zum Überfluß noch erkennen, daß auch im babylonischen, allerdings an dieser Stelle für das Folgende nicht mehr klar erhaltenen Mythus in gleicher Reihenfolge wie in der Bibel zu allerletzt die Erschaffung der lebenden Wesen erfolgt. Und aus anderen Quellen geht hervor, daß auch hier anfänglich zwei Menschen gebildet werden und zwar aus Lehm.

Bedürfte es aber noch eines zwingenden Beweises, daß thatsächlich der hebräische Mythus nur ein Kind des älteren babylonischen ist, so giebt ihn nach jeder Richtung befriedigend die Einheit der babylonischen und der hebräischen Sintflutsage. Wir haben mancherlei Sintflut-Legenden oben betrachtet, die sich unabhängig voneinander gebildet haben konnten. Hier aber ist die direkte Abstammung zu deutlich, um noch irgend einer andern Vermutung Raum zu lassen. Der babylonische Sintflutbericht war bereits längst durch Vermittlung einer antiken Quelle (in den Fragmenten des Berossus, der kurz nach Alexanders des Großen Zeit drei Bücher chaldäischer Geschichte schrieb) bekannt, man glaubte aber in Anbetracht der verdächtig späten Quelle an Beeinflussung durch den biblischen Text. Inzwischen ist aber auch hier der echte babylonische Keilschrifttext (1872 durch George Smith) in den Besitz der Forschung gelangt, dessen hohes Alter den Streit, wem der Vortritt gebühre, endgiltig löst.

Als Werk einer an der Natur genährten dichterischen Gestaltungskraft steht der babylonische Sintflutmythus ebenso hoch über dem biblischen wie an Alter. Die Hebräer der Königszeit waren ein zur Ausmalung von Sintflutvorstellungen höchst ungeeignetes Volk. Der düstere, nackte Salzsee ihres „Toten“ Meeres bot so wenig Überschwemmungsbilder, wie das von tiefen Thälern durchfurchte, gebirgsreiche Land, das in allem das Gegenteil jener flachen, dem Meere offenen Lehmebene im Euphratlande darstellt, wo der babylonische Mythus aus greifbar deutlichen Naturbildern seine Kraft gesogen hat. Als Episode in ein großes Nationalepos verflochten tritt die Sintflutlegende der Babylonier uns entgegen, in direkter Rede, als Erzählung des Archenerbauers, der nach seiner Rettung unter die Götter aufgenommen wurde und unsterblich „an der Mündung der Ströme“ — d. h. an der Euphrat- und Tigrismündung im Persischen Meerbusen auf einer Art „Insel der Seligen“ — fortlebt, wo ihn Gistubar, der Held des Epos, nach gefahrvoller Wanderung besucht.*) Sit-napistim, der babylonische

*) Die wörtlichen Stellen hier wieder nach P. Jensen, dessen Übersetzung in vielfachen Punkten von der älteren, gewöhnlich benutzten von Haupt abweicht. Die schon einmal oben erwähnten Vermutungen des Geologen Sueß über die

Noah, berichtet, wie die Götter (das polytheistische Element hat natürlich die biblische Mythe auch hier nachmals sorgsam ausgemerzt!) beschlossen, einen Flutsturm zur Vernichtung der Menschen zu erregen. Aber Ninigiazag Ja, der Gott des Meeres, warnt seinen Freund, den Sit-napistim (Xisuthros bei Berossus) aus der Stadt Surippak. „Zimmere ein Haus, baue ein Schiff, verlaß Deinen Besitz, suche das Leben, laß Hab und Gut beiseite und rette Dein Leben. Bringe hinauf Lebenssamen aller Art in das Schiff. Das Schiff, das Du bauen sollst .... in das Urwasser senke es hinab." Der Mensch fragt nun den Gott, wie er den Bau solchen Schiffes vor dem Volk und den Ältesten verantworten soll, und Ja rät: „Als Antwort sag' Du so zu ihnen: Weil mich Bil haßt, will ich nicht wohnen in Eurer Stadt und auf der Erde .... zum Urwasser will ich hinabfahren und bei Ja, meinem Herrn, wohnen. Über Euch wird er dann regnen lassen reichlichen Segen, Vögel, ein Menge Fische, eine Fülle von Vieh, reichliche Ernte." Das Schiff wird gebaut (nach einer anderen, bruchstückweise erhaltenen Form der Legende bittet Sit-napistim vorher den Gott, ihm auf dem Erdboden ein Bild des Schiffes, einen Riß, zu zeichnen) mit 140 Ellen hohen Wänden, sechs Stockwerke hoch, es wird mit Rudern versehen und sorgsam verpicht. Ein Festgelage feiert die Vollendung. Dann wird in die Arche gebracht „was ich an Silber und Gold hatte." „Mit allem, was ich an Lebenssamen aller Art hatte, füllte ich es. Ich brachte hinauf in das Schiff meine ganze Familie und weibliche Hausgenossenschaft, Vieh des Feldes, Getier des Feldes, Handwerker, alle zusammen brachte ich hinauf." Wenn ein Regen am Abend kommt, soll er selbst in sein Schiff gehen und sein Thor verschließen. „Dieses verabredete Zeichen traf ein: der, welcher den Sturzregen sendet, ließ am Abend einen schweren Regen regnen. Von dem Tage fürchtete ich sein Aufleuchten. Den Tag zu schauen hatte ich Angst. Ich trat ein in das Schiff und verschloß mein Thor..... Sobald etwas vom Morgenrot erschien, stieg auf vom Fundament des Himmels eine düstere Wolke." Unter Donner und Blitz bricht das Unheil jetzt los, die „Wasser fuhren wie ein Schlachtsturm auf die Menschen los." Die Götter selbst flüchten und sitzen niedergekauert „wie ein Hund" auf der Wölbung des Himmels. „Es schrie Istar wie eine Kreißende, es rief die Herrin der Götter, die schönstimmige: „die vergangene Zeit (das ist: die frühere Menschheit) ist wieder zu Lehm geworden, weil ich vor den Göttern Böses befahl und ... zur Vernichtung meiner Menschheit Sturm befahl.

Anlehnung dieses babylonischen Sintflut-Mythus an ein wirkliches Naturereignis in der Euphratniederung stützen sich in Einzelheiten zum Teil auf sehr zweifelhafte Stellen eben jener Haupt'schen Übersetzung und bedürfen nach dieser neueren jedenfalls einer genauen Revision. Die wichtigste Hypothese bei Sueß, daß es sich um einen Flutsturm vom Meere, (also dem Persischen Meerbusen aus) gehandelt habe, bleibt aber nach wie vor bestehen. Vergl. Jensen p. 368.



Was ich gebar — wo ist es? Wie Fischbrut füllt es das Meer.“ „Die Götter .... weinten mit ihr. ...... Sechs Tage und Nächte ging dahin der Wind, der Flutsturm, der Orkan schlugen zu Boden. Als der siebente Tag herankam, ließen nach das Wetter, der Flutsturm, der Sturm, welche gekämpft wie ein Heerhaufen. Es ruhte das Meer, das der Orkan aufgewühlt, der Flutsturm hörte auf. Ich sah auf das Meer, indem ich meine Stimme erschallen ließ, aber alle Menschen waren wieder zu Lehm geworden, wie ein kahler Acker lag vor mir das Waldfeld. Ich öffnete das Luftloch, das Licht fiel auf meine Wange, ich beugte mich nieder, setzte mich, weinte, über meine Wangen gingen meine Thränen. Ich sah auf die Welt, — alles Meer. Nach zwölf Tagen stieg ein Land empor, an das Land Nisir kam das Schiff hinan. Der Berg des Landes Nisir hielt das Schiff fest und ließ es nicht von der Stelle. .... Als der siebente Tag herankam, ließ ich eine Taube hinaus und ließ sie los. Es bewegte sich die Taube hin und her; da aber kein Ort zum Sitzen da war, kehrte sie zurück. Dann ließ ich eine Schwalbe hinaus und ließ sie los. Es bewegte sich die Schwalbe hin und her; da aber kein Ort zum Sitzen da war, kehrte sie zurück. Dann ließ ich einen Raben hinaus und ließ ihn los. Es bewegte sich der Rabe, sah das Schwinden des Wassers, kam näher ... krächzend, kehrte aber nicht zurück. Da ging ich hinaus, opferte ein Opfer nach den vier Winden, machte eine Versöhnungsspende auf dem Gipfel des Berges.“ In diesem Teil der Erzählung steht die Quelle der Noah-Sage auf Schritt und Tritt vor Augen. Der Schluß ist dann allerdings wieder polytheistisch-babylonisch und von den biblischen Chronisten gestrichen. Die Götter sammeln sich auf den Geruch des Opfers hin „wie Fliegen“. Ein Streit entbrennt. Die eine Partei jammert über das Vernichtungswerk, Bil aber gerät in Zorn gerade über die Rettung der Menschen im Schiff. Die Lösung ist, daß Sit-napistim und sein Weib aus Menschen in Götter verwandelt und zu ewigem Leben an die Mündung der Ströme entrückt werden wie der biblische Henoch, der nicht starb, sondern nur „verschwand“. Die Wiederbevölkerung der Erde erfolgt, wenigstens im Berichte des Berossus, der im ganzen dem Keilschrift-Text parallel läuft, durch die erst später dem Schiff entsteigenden Freunde und Verwandten, denen eine Stimme vom Himmel den Weg von Armenien, wo das Schiff gelandet ist, nach Babylon zurückweist.

Die Geschichte der mosaischen Schöpfungslegende ist gleichzeitig ihre Kritik in mildester, aber auch in unerbittlichster Form. Jedes künstliche Umdeuten zur Rettung einer mystischen Art direkter Offenbarung bedeutet nichts anderes als einen Verstoß gegen eine Wissenschaft, der wir unvergleichlich kostbare Schätze unserer Gesittung und reichste Quellen des Fortschritts verdanken: gegen die vorurteilsfreie Geschichtsforschung. Man kann von einem vermittelnden Standpunkte aus, den zahlreiche vortreffliche

Geister geteilt haben, den Begriff „Gott" gleich setzen mit dem wissenschaftlichen Begriff des Naturgesetzes; unter „geoffenbart werden" wird man dann nichts anderes verstehen, als langsames Klarwerden der



Der Doppelberg Ararat.

Am „Gebirge Ararat" landet 1. Mos. 8,4 die Arche. Der größere der beiden Gipfel des heutigen Berges Ararat hat 5156 m Höhe. Eigentlich ist aber „Ararat" der alte Name für die Hochebene am mittleren Aras (Araxes) in Armenien überhaupt.

gesetzlichen Zusammenhänge auf Grund immer erweiterter Erfahrungen. Aber in diesem Falle belehrt uns die Geschichte, daß jenen alten Völkern und Denkern des Orients solche Offenbarungen, wie wir sie heute besitzen,

eben einfach nicht einmal annähernd zu teil werden konnten, da ihre Erfahrungen noch in den Kinderschuhen steckten. Jahrtausende sollte es noch dauern, ehe durch des Columbus Fahrt nur erst einmal die andere Hälfte der Erdkugel, Jahrtausende, ehe die Bewegung der Erde um die Sonne sich offenbarten. Woher aber konnte Kenntnis der uralten Entstehungsart kommen von Dingen, die in ihrer gegenwärtigen Stellung und Form noch nicht bekannt waren? Faßt man andererseits das Wort „Offenbarung" in einem wissenschaftlich nicht greifbaren, übernatürlichen Sinne, so dürfte wieder die Frage nicht zurückzuweisen sein, warum denn Thatsachen jener in der Folge gefundenen echten „Natur-Offenbarung" der Wissenschaft so gröblich dem Wortlaut des mosaischen Mythus widersprechen, warum, mit knappem Wort, jene mystische Offenbarung nicht eine bessere und dem Fortschritt ersprießlichere gewesen sei? Denn über diesen Widerspruch kann schlechterdings kein Zweifel sein. Die Vergleichung, wenn sie überhaupt einmal ernstlich angestellt werden soll, ist so vernichtend nach der biblischen Seite hin, daß ein Eingehen auf Einzelheiten fast etwas Peinliches hat, etwas, das der Würde großer, echter Wissenschaft in gewissem Sinne widerspricht. Nur ein paar Punkte seien, um jeden Zweifel auszuschließen, dem vielleicht doch noch Schwankenden gegenüber angedeutet.

Die biblische Schöpfungslegende fußt gleich zu Anfang, in ihrer Abhängigkeit von einer älteren, die jedenfalls jene babylonische Quelle viel reiner vertritt, durchaus auf dem oben als babylonisch bezeichneten Weltbilde — einem Bilde, das ganz sinnvoll war für jene Zeit, uns aber ein Lächeln abnötigt: unten die Erde als Insel in den Wassern (auch unten von Wasser getragen, vergl. z. B. noch die Stelle in den zehn Geboten: „Du sollst Dir kein Bildnis noch irgend ein Gleichnis machen, weder deß, das oben im Himmel, noch deß, das unten auf Erden, oder deß, das im Wasser unter der Erde ist!), oben der Himmel als „Veste", die das obere Wasser zurückhält. Unser wissenschaftliches Weltbild mit seiner kugelförmigen, im Innern höchstens heißflüssigen, frei im Weltraum schwebenden Erde kennt von diesen Unterscheidungen nichts mehr, die Krystallschale des „Himmels" ist für uns zum offenen Raum geworden. Wenn aber das Bild schon nicht mehr paßt, das die Schöpfungsgeschichte erklären sollte, was soll uns da vollends das Einzelne besagen, wie Gott die Veste absonderte oder das Wasser sich sammeln ließ! Will man noch weiter folgen, so ist es die völlige Umkehrung aller unserer sichersten Forschungsergebnisse, wenn im mosaischen Mythus zuerst Wasser und Land sich trennen und das Land von Kräutern und Bäumen ergrünt und dann erst Sonne und Mond an die Himmelswölbung gesetzt werden. Für die moderne Wissenschaft besteht kein Zweifel, daß die Sonne älter ist als die Erde, daß diese schon die Sonne umkreiste, als sie selbst noch in glutflüssigem Zustande sich befand, daß sehr viel später dann erst mit wachsender Abkühlung auf der Erdkugel Wasserbildung

zum erstenmale möglich wurde und daß von da ab eine organische Entwickelung bestand, die sich aber von Beginn an in zwei parallele Stämme gesondert hat: in die Tiere und die Pflanzen, — mit einem vermittelnden Strauchwerk gleichsam am Fußende in den sogenannten Protisten oder Urwesen. Man braucht sich bloß an das früher gebrauchte Beispiel von der Erhaltung der Sonnenenergie im Überbleibsel einer ältesten Erdflora, der Steinkohle, zu erinnern, um die Unmöglichkeit einer Existenz von Gesträuchen und Bäumen vor Entstehung der leuchtenden, kraftspendenden Sonne einzusehen, — es handelt sich um eine genau so große Verwirrung der Thatsachen, wie wenn wir etwa zuerst vom Vorhandensein zahlloser arbeitender Dampfmaschinen vernähmen und einen Tag später ausdrücklich erst der Dampf „geschaffen" würde!

Für die Reihenfolge der organischen Schöpfung läßt sich darauf verweisen, daß nach den bestbelegten Ansichten unserer darwinistischen Forschung die biblische Scheidung einer ersten Schöpfungsperiode der Wassertiere und Vögel, auf die erst später die Landtiere folgen, ganz und gar der Wirklichkeit widerspricht; die Vögel beispielsweise sind verhältnismäßig spät erst aus landbewohnenden Reptilien hervorgegangen. Und es bedarf vollends bei dem handgreiflich deutlichen Zusammenhang zwischen Mensch und Säugetier kaum noch der Versicherung, daß für diesen Menschen nicht eine unabhängige generatio aequivoca (Ur-Zeugung aus anorganischem Stoff) stattgefunden haben kann im Sinne der Erdenkloßlegende, — der Mensch ist lediglich die Krone des hochentwickelten Säugetierstammes und aus diesem geschichtlich hervorgegangen nach denselben Naturgesetzen, die den Vogel aus der Eidechse bildeten. Im Mutterleibe entsteht er noch heute genau allen anderen Organismen gleich aus einem „Ei", und ehe dieses Ei zum geburtsfähigen Kinde wird, durchläuft der reifende Keim oder Embryo eine Reihe unverkennbar tierähnlicher Stufen, zu deutlichstem Abglanz der einstmaligen wirklichen Menschwerdung aus dem Tier. Von einem paradiesischen Urzustande weiß die Forschung nichts, — die ältesten Spuren des Menschengeschlechts auf Erden, die wir besitzen, zeigen ein Jägervolk in hartem Daseinskampfe, das mit dem riesigen Höhlenlöwen um seine schützende Wohnstätte in Grotten des Kalkgebirges ringt.

Daß die Sintflut als allgemeine Erdbedeckung mit Wasser nicht möglich ist, brauche ich nicht noch einmal zu wiederholen. Und so zerfällt vor jedem Punkt, wo man nur ansetzen mag, die Möglichkeit, unsere Wissenschaft nachträglich in die alten babylonisch hebräischen Schöpfungsmärchen hineindeuten zu wollen, hoffnungslos. Das erste Lallen eines Kindes mag der Mutter ein rührender Laut, eine eigenartige Poesie sein und der sinnende Forscher mag aus ihm durch eifriges Studium manchen Aufschluß über die Anfänge der Sprache gewinnen; aber es wäre eine zum mindesten sehr wunderliche Forderung, wenn man in dieses Lallen alle höchste Beherrschung der Sprache,

wie der gebildete Mensch sie auf der Höhe seines Mannesalters besitzt, künstlich hineindeuten sollte, bloß um die Behauptung zu retten, jedes Kind komme im Besitz einer „Offenbarung" zur Welt, — eine Behauptung, die jede Unterrichtsstunde widerlegt. Unsere Betrachtung aber verweilt mit jenen Schöpfungslegenden, zu denen auch die mosaische mit jeder Faser gehört, in Wahrheit bei einem Kindheitsstadium der Menschheit, da sie lallte, aber noch nicht sprach. . . . . . .

Wir dürfen unsere orientierende Wanderung durch die luftige Welt kosmischer Mythen hier wohl abbrechen. Sinniger Naturbetrachtung sind wir mitten im Grotesken überall begegnet — in den edelsten Proben auch schon einer logischen Verknüpfung, die gewiß Achtung erweckt. Aber wir durften uns nicht verschweigen, daß die ganze eigentliche Arbeit des Naturerkennens für die Menschheit erst noch zu thun war, als sie ins Stadium des kosmogonischen Mythus trat. Eine andere gewaltige Arbeitslast lag bereits hinter ihr: der erste Rohbau ihrer Kultur. Daß wir so wenig Positives über ihn kennen (in der Entwickelungsepoche der Mythenbildung begegnen uns alle jetzt lebenden Naturvölker der Erde und die ältesten Kulturvölker der Geschichte treten in ihr ans Licht!), darf uns nicht für das Gigantische blind machen. Herausgerungen hatte sich die Menschheit vom Tier. Auf dem Herde brannte das Feuer, die Hand umschloß die Axt (wenn sie auch anfangs noch von Stein war), der Blick unterschied zum erstenmal Sternbilder und wurde sich des Wechsels der Gestirne, des Blühens und Vergehens der Natur in schaudernder Ahnung bewußt. In Wahrheit hatte die praktische Naturwissenschaft schon überwältigend Anteil gehabt am Erringen dieser Erfolge. Keine That kommender Jahrhunderte, auch nicht der Gedankenflug eines Newton oder Darwin konnte sich messen mit einer scheinbar so einfachen Erfindung wie der künstlichen Feuererzeugung. Aber man wurde sich des Geleisteten nicht bewußt. Statt daß ein so auffälliger Sieg über das Naturgesetz, wie ihn die Feuerbereitung und Ähnliches umschloß, den Weg zu planmäßigem Weiterdenken gewiesen hätte, den Weg zur Methode der Forschung — statt dessen bemächtigte sich der Tradition gerade von jenen ersten Erfindungen und Naturbewältigungen der religiöse Mythus: hinter das Feuer stellte sich die Gottheit. Im Prometheus-Mythus klingt noch etwas an wie Erinnerung eines Großen, das die Menschheit hier aus sich heraus, ohne Hilfe von oben, ja im Trotz zur obersten Macht geleistet; im ganzen aber war es doch überall der Priester, der für seine Welt den Ruhm der ersten Forscherthaten in Anspruch nahm. Je mehr ein fester Priesterstand sich im Gefolge religiöser Vorstellungen ausbildete, desto mehr krystallisierte die Religion selbst sich zu festen Formen. Mit ihr aber krystallisierte

der Schöpfungsmythus. Der kleine, wenn auch oft sinnvoll verwertete Erfahrungskreis, der den Luftbau seiner Phantasien getragen, wurde für ewig abgeschlossen erklärt. Die verschiedenen höheren Ausgestaltungen der Kosmogonie wurden zu ebenso vielen Dogmen. Ursprünglich der Gipfel einer Kulturepoche, ein Kind des folgenschweren Kausalitätsdranges und der ersten, schönen Ahnung von einem Ganzen in der Natur, konnte in dieser dogmatischen Versteinerung der Mythus fortan keinen wahren Kulturwert mehr besitzen; ja er ist an bedeutsamer Stelle zum direkten Hemmnis geworden. Solange die Naturwissenschaft sich noch in winzige Einzelheiten zersplitterte, konnte er ihr wenigstens noch seine geschlossene Einheit, seinen unverrückbaren Blick aufs Große und Zusammengreifende, seine Auffassung der Welt als „Kosmos“ gegenüberstellen. Den Todesstoß erhielt er aber, als die Naturerforschung ihren mühsamen und oft blinden Detailweg in dunklem Drange selbst bis auf eine gewisse freie Höhe hinaufgetrieben hatte und, fast wider Willen und Erwarten, plötzlich auch die Lichtgrenze einer wahrhaft kosmischen, verallgemeinernden Betrachtungsweise überschritt. Verfolgen wir jetzt kurz geschichtlich diesen letzteren, parallelen Weg von seinen schwachen Anfängen bis zum überraschenden Ziel.

Die Naturanschauung des Altertums.

Vom Sternenhimmel schreitet die Entwickelungsgeschichte der Natur zur Erde herab. An Bildern des Sternenhimmels haftete auch die Geschichte menschlicher Erkenntnis von dieser Entwickelung des Naturganzen in ältester Zeit.

In gesetzmäßig unverrückbarem Gange schmilzt der Mond zur Sichel und schwillt wieder zur silbernen Scheibe an. Aus dem Weltraum naht der Komet, zartem Dunst vergleichbar, eine irrende Federwolke, die in die Glutnähe der Sonne taucht, sich wendet und wieder flieht, um vielleicht nie, vielleicht erst nach Jahrtausenden zurückzukehren. In die Lufthülle des Erdballs fällt wie ein leuchtender Strich, dem Funkensprühen des Feuersteins vergleichbar, der schnell verflammende Meteorit, die „Sternschnuppe“. Mitten aus dem schon vertrauten, fast gezählten Lichtmeer der Fixsterne glänzt unvermutet um eine Abendwende, die sonst keine Bedeutung bot, ein „neuer“ Stern auf, überbietet die bekanntesten Zeichen —

dunkelt langsam dann und erlischt nach einer Weile wieder ohne sichtbaren Grund wie eine überreife Blüte, die vorzeitig sich entblättert und welkt.

An Erscheinungen solcher Art knüpfte der Mythus an, — mehr aber noch die sich langsam aus ihm befreiende wirkliche Wissenschaft.

Das Neue, das Unerwartete am Himmel regte auf, weckte die dumpf brütenden Bewußtseinskeime. Dem Blicke aber, der dann, dadurch angeregt, den Gestirnen sorgsamer folgte, zeigte sich allenthalben in dem Gewöhnlichen das Gesetzmäßige, — mit der Mahnung zugleich, auch für jenes Unberechenbare ein besonderes Gesetz zu finden, dem es unterthan sei genau so wie der Wechsel von Tag und Nacht, von Neumond und Vollmond. Das Auge, das die leuchtenden Gebilde des Firmaments zu ordnen begann, stand zum erstenmal direkt vor der Urschrift des „Kosmos“, die in dem verwirrenden, dem Menschendasein unmittelbarer verknüpften Erdenleben nicht leicht in dieser Weise deutlich ward.

Wenn aus den fernsten Nebelflecken, wie erwähnt, vielleicht die älteste sichtbare Kunde vom Dasein der Welt überhaupt zu uns spricht, so redet in den ersten, uns überlieferten Thatsachen der Astronomie jedenfalls die graueste Stimme der Kulturmenschheit und sie redet mit Thatsachen, die uns aufs Engste heute noch hineingehören in das Bild des Naturganzen, an das unsere moderne Weltanschauung sich knüpft.

Für unsere Betrachtungsweise liegt allerdings der eigentlich erste Moment der Zusammenfassung, — das erste, unzweideutig klare, vom Mythus abgelöste Bewußtwerden eines solchen einheitlichen, kraftbewegten Naturganzen erst in der verhältnismäßig späten griechischen Philosophie und Wissenschaft.

Aber dahinter dehnen sich ungeheure Völkergärten, in denen die bezaubernd goldene Frucht dieses Hellenentums in Wahrheit gereift war: Ägypter und Babylonier, — und in endlose Fernen breitet sich weit drüben im Stromland des Hoangho die Kultursaat der unabhängigen chinesischen Entwickelung. Die aus schwankenden Morgennebeln brechende Sonne der für uns schriftlich überlieferten Geschichte leuchtet bereits über Sternwarten der wahrscheinlich noch vorsemitischen Bewohner des Euphratlandes, umglänzt schon die Spitze der Cheopspyramide mit ihren astronomisch genau nach den vier Weltgegenden orientierten Seiten und grüßt im alten China sogar staatlich angestellte Beamte zur Voraussage von Sonnen- und Mondfinsternissen und Chronisten, die den Erscheinungen von Kometen, den plötzlichen Meteoritenfällen unter Wolkenbildung, Donner und Blitz, wie dem Aufflackern neuer Sterne sorgsam ihre noch heute erhaltenen Bücher öffneten.*)

Aber noch über jenen durch unser vorläufiges Wissen ziemlich willkürlich bestimmten kulturellen Schöpfungstag hinaus reichen vage Beziehungen.

*) Der chinesischen Überlieferung nach sind schon im dritten Jahrtausend v. Chr. gelegentlich zwei Hofastronomen, Hi und Ho, mit dem Tode bestraft worden, weil sie über einem Zechgelage die Vorherverkündigung einer Sonnenfinsternis verabsäumt hatten.



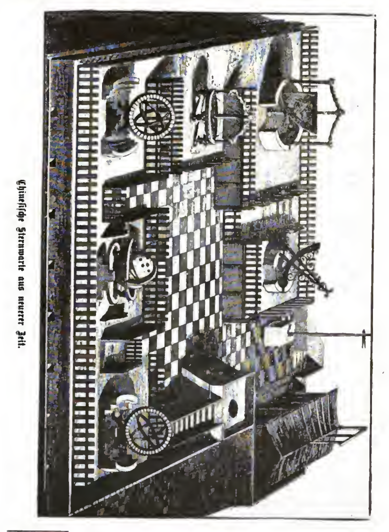
Die großen Pyramiden mit der Sphinx.

Wie man in gewisser Hinsicht vielleicht behaupten darf, daß die bildende Kunst einsetze mit zoologischen Zeichnungen — im roh auf Elfenbein eingegrabenen Bilde eines Mammuttieres in Höhlen der europäischen Eiszeit*) — so treten vereinzelte astronomische Übereinstimmungen hervor wohl geradezu als ältestes gemeinsames Element der entlegensten Kulturnationen Asiens bis in Urzeiten hinein, die der Sprachforscher vorläufig nicht zu betreten wagt. Die sogenannten Mondstationen oder Mondhäuser, eine Art von ältestem Tierkreis ganz besonderer Art, der schwerlich durch Zufall an mehreren Orten in gleicher Weise ausgesonnen werden konnte, verknüpfen Araber, Chinesen und Inder: die Vertreter der schärfsten Völkerextreme auf dem alten Kulturkontinent.**) Zweifellos bis in die vorhistorische Zeit reicht an den verschiedensten Kulturstätten die Beobachtung und Benennung der fünf Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn, zu denen erst über achtzehnhundert Jahre nach Christus und wohl mehr als viertausend Jahre seit den ersten schriftlichen Überlieferungen chinesischer Astronomie der Uranus und Neptun treten sollten. Für die Schärfe und den Eifer der Beobachtung spricht dabei besonders die Kenntnis des kleinen Merkur, der sich infolge seiner Sonnennähe so wenig bemerkbar macht und von Nichtfachleuten auch heute noch wohl zumeist nur in der Schule auswendig gelernt, nicht aber jemals am Himmel wirklich gesehen wird. Saturn mit seinem langsamen Lauf und stäten Licht war den alten

*) Die Zeichnung eines Mammutelefanten, eingekratzt in eine ziemlich große Elfenbeinplatte aus dem Stoßzahn eines Mammut, wurde 1856 auf der Station Madelaine am rechten Ufer der Vezère im südwestlichen Frankreich von Lartet gefunden. Der Rüssel, die nach oben gekrümmten Stoßzähne, die Mähne und sonstige einem kalten Klima angepaßte Behaarung sind mit wenigen Strichen ziemlich charakteristisch angegeben. 1874 wurden andere, sehr viel bessere Tierzeichnungen — wenn auch nicht des Mammut — in der Höhle von Thayingen bei Schaffhausen entdeckt. Leider liefen hier zweifellose Fälschungen mit unter, vor deren frischem Eindruck eine größere Anzahl hervorragender Forscher sich gegen die Echtheit aller, also auch jener französischen Tierbilder der Urzeit, zu wenden begannen. Ein einleuchtender Grund dafür, von einer nachgewiesenen Fälschung ohne weiteres auf eine ganze Reihe solcher an den verschiedensten Orten und vor kompetentesten Beobachtern zu schließen, liegt indessen nicht vor. Die allgemeinen Gründe, daß ein rohes Höhlenvolk jener alten Zeit erkennbare Tierzeichnungen überhaupt nicht habe anfertigen können, sind vollends ganz wertlos, wenn man sie auf ein Beispiel wie unsern Mammutumriß anwendet: die Geschicklichkeit verhältnismäßig sehr tief stehender Naturvölker von heute im Zeichnen ist erstaunlich und liefert ausreichende Parallelen.

**) Unser zwölfteiliger Tierkreis, wie er uns von den Griechen überkommen ist, dürfte aller Wahrscheinlichkeit nach von den Babyloniern herstammen. Kühne Spekulationen, die man vor Jahren an eine ägyptische Darstellung des Tierkreises aus dem Vorhofe eines Tempels zu Denderah (1821 nach Paris gebracht) knüpfte, sind durch das endlich nachgewiesene wahre Alter dieses Bildes (römische Kaiserzeit statt der erträumten altägyptischen!) vollkommen hinfällig geworden.

Babyloniern schon der „Beständige“, der „Ewige“.*) In jedem Zuge ältester Mythologie begegnet uns ein zweifellos durch viele Menschenalter fort-



Chinesische Sternwarte aus neuerer Zeit.

*) P. Jensen hat gelegentlich (Kosmologie der Babylonier pag. 130/31) sogar auf die Möglichkeit hingewiesen, daß unter dem klaren Himmel Babylons schon einmal in grauester Zeit die vier Monde des Jupiter (die Galilei erst

gesetztes Versenken in die wechselreiche Sternenwelt. *Astrologische Träumereien*, die aus dem Stand der Gestirne unmittelbar Glück und Zukunft der Menschenwelt ablesen wollten, gaben allerdings eine uns heute sehr wunderliche Gemütsgrundlage für solche Studien her. Aber selbst sie führten thatsächlich nicht bloß zu ernsthafter Beobachtung, sondern sie flößten auch vielleicht mit zuerst ein Gefühl des Gesetzmäßigen, Unabänderlichen ein, das wesentlich die wahre Wissenschaft hat begründen helfen, — wenn auch die zwischen Stern und Mensch gesuchte *Form* des Zusammenhangs sich in der Folge nicht als stichhaltig herausstellen sollte. Jedenfalls steckte ein gesunder Kern in jedem aufmerksamen Verfolgen des langsamen, streng geregelten Auf- und Niederwandelns der Gestirne, — etwas wie Ahnung, daß hier die Lösung des Welträtsels am Ende doch noch näher sei, als in gespenstischen Visionen und Toten-Beschwörungen oder in sagenhaft verschwommener Tradition über unfaßbare Wunder aus der Urväterzeit. Im *Rigweda*, dem ältesten Liederbuch der Inder, erscheint die Sonne als das Rad der ewigen Ordnung, das unaufhaltsam vollendende, das niemals morsch werdende, dessen Achse sich nicht erhitzt und das in alle Ewigkeit nicht entzwei brennt. „Warum fällt sie nicht herab, da sie doch keine Stütze und kein Band hat? Nach welchem eigenen Gesetze wandelt sie?“ In solchen Fragen lag der Keim *für die wahre Kosmogonie*, wie fern auch ihr Umriß noch stehen mochte.

Die *hebräische Poesie* im alten Testamente ist allenthalben überreich an schönen, zum Teil sehr scharf beobachtenden Zügen aus dem wirklichen Naturkreislauf. Mit Recht hat schon Alexander von Humboldt in seiner sinnigen Art, auch aus dem scheinbar ganz metaphysisch Befangenen die Keime freieren Naturerkennens herauszuschälen, auf die Thatsache hingewiesen, daß in dem einen 104. Psalm gleichsam „ein Bild des ganzen Kosmos“ dargelegt sei: vom lichten Himmel, der wie eine Zeltdecke über der Erde steht, an der Wolken, Winde und Gewittersturm hinziehen bis zur bebenden Erde und zum rauchenden Berg, — zu den Werken des Menschen und dem sprudelnden Waldbach des Gebirgs, wo die Wildesel ihren Durst löschen und die Vögel im Gezweig singen, wo die Ceder in saftigem Grün steht, die Steinböcke zu den Höhen klimmen und der Klippdachs*) seinen Felsenschlupf sucht, bis dann die Nacht kommt und die

nachmals mit dem Fernrohr sicher feststellte) mit bloßem Auge entdeckt worden seien. Gerade der Gott des Jupitersterns in der Mythologie der Babylonier wird nämlich seltsamerweise von 4 Hunden begleitet. Daß Jupitermonde anderswo gelegentlich von besonders scharfen Augen ohne Glas erblickt worden sind, scheint festzustehen, ebenso, daß bei den Chinesen und Japanesen (die kein Fernrohr besaßen!) in der That eine alte Kenntnis wenigstens der beiden äußeren Monde bestand.

*) Der Hyrax syriacus unserer Zoologen, der darwinistisch als Vertreter einer Mittelgruppe zwischen Nagern und nashornartigen Tieren so sehr wichtig ist; Luther übersetzt in der zoologischen Unwissenheit seiner Zeit mit „Kaninchen“.



Tierkreis von Denderah.

Löwenbrut nach Raub brüllt u. s. f. Und die Tierbilder im Buche Hiob,*) das noch der Blutezeit hebräischer Kultur vor dem Exil angehört, sind ein geradezu einzigartiges Zeugnis früher Kraft zur Charakteristik in der zoologischen Beschreibung.

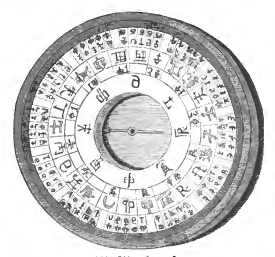
Sehr anziehend ist es, zu verfolgen, wie hier und da aus ganz lokalen Ursachen heraus ein erstes Fünkchen aufblitzt, das später zur Fackel für die Erkenntnis gewaltigster Kräfte des Kosmos werden soll. So erfindet der Chinese, der einen Leiter in der Öde seiner ungeheuren tatarischen Steppeneinsamkeiten sucht, die erste rohe Urform eines Kompaß und legt damit nicht bloß den Grundstein zu unserm ganzen abendländischen Zeitalter nautischer Entdeckungen im 14. und 15. Jahrhundert, sondern betastet auch zum erstenmale die Riesenwelt des Magnetismus überhaupt, eine der mächtigsten Klammern im wissenschaftlichen Gesamtbilde unseres Kosmos.

Ein anderes Beispiel bietet der Bernsteinhandel. Bernstein, das schöne, zu goldglänzender Masse verhärtete Harz längst entschwundener Nadelholzbäume, erscheint an der Schwelle mittelländischer Kultur bereits als beliebter Schmuckgegenstand, um dessentwillen weite Handelsverbindungen bestanden zu haben scheinen und phönikische Flotten sich in die entlegenen Meere Nordeuropas wagten; Proben echten Ostsee Bernsteins finden sich in den von Schliemann geöffneten, schätzereichen Gräbern von Mykenä, an die sich die homerische Tradition des Königs Agamemnon knüpft, — in der Wiege also gleichsam schon der griechischen Zivilisation jenseits des ersten Jahrtausends vor Christus. Dieser Bernstein gerade aber ist nun recht eigentlich die Brücke zur menschlichen Kenntnisnahme von einem zweiten großen Kraftgebiet im Kosmos geworden: sein griechischer Name „Elektron“ tönt wieder aus unserem Worte „Elektrizität“, seine anziehende Kraft, anfangs wie ein lustiges Naturspiel bestaunt, gab nachmals den Anlaß

*) Es ist kein Zufall, daß sich diese kraftvollen Naturschilderungen gerade in der eigenartigen Dichtung des „Hiob“ finden. Wenige Bücher nur der Weltlitteratur und kein zweites aus gleich alter Zeit lassen so deutlich die Gleichsetzung der Begriffe „Gott“ mit einem weit über menschlich kleine Fragen und Erklärungen hinausreichenden Naturgesetz durchschimmern. Der ganze Inhalt des „Hiob“ predigt, daß die Zwecke „Gottes“ d. h. der Natur (an deren Erscheinungen ja exemplifiziert wird!) über die menschlichen Zweckbegriffe ins Unfaßbare, vor dem man sich bescheiden muß, hinausgehen. Ganz im Sinne moderner Naturauffassung wird der Mensch auf das gewaltige Schauspiel der außermenschlichen Vorgänge hingewiesen, das sich ganz ohne sein Zuthun abspiele, — als Beweis, daß diese Welt nicht um seinetwillen da sei und nicht von seinen kleinen Wünschen bewegt werde. Der Leser, der diesen Gedankengängen nachzugehen wünscht, darf sich allerdings nicht an die dichterisch kraftvolle, aber im Einzelnen oft sehr mangelhafte Übersetzung Luthers halten, die gelegentlich sogar den Begriff persönlichen Fortlebens des Menschen nach dem Tode in das Buch „hineinübersetzt“ hat, während der Wortlaut der Stelle aller Wahrscheinlichkeit nach genau das Gegenteil besagt.

zur Beobachtung der so weitverzweigten elektrischen Erscheinungen, deren praktische Frucht unsere Gegenwart pflückt und deren künftige Bedeutung für die Abrundung des Kosmosbildes in ihrer Universalität noch gar nicht zu überblicken ist.

Auf der anderen Seite sind natürlich die Schranken außerordentlich groß. **Das Bild der Erde** selbst ist so eng, daß wahre Schlüsse gar nicht möglich werden. Der Raum, wo das Kulturbewußtsein der Menschheit im engeren Sinne erwacht ist, war ja nur eine schmale Spanne auf dem



Chinesischer Kompaß.

Die Chinesen haben die magnetische Nordweisung jedenfalls beträchtlich viel früher verwertet als irgend ein anderes Kulturvolk. Um 121 n. Chr. wurde die freischwebende Magnetnadel von ihnen auf Schiffahrten benutzt, die Kenntnis reicht aber wahrscheinlich über ein Jahrtausend weiter zurück. Eine offene Frage bleibt vorläufig, wie und wann der Kompaß nach Europa herübergewandert ist. Die gewöhnliche Annahme hält die Araber für die Vermittler zwischen China und dem Abendlande. Gegen Ende von 1100 hatte diese Übertragung, wie es sich nun damit verhalten möge, jedenfalls endgiltig stattgefunden.

großen Erdenball. Ein paar Stromgebiete an den Grenzen zweier Erdteile: der untere Lauf des Nil, des Euphrat und Tigris, des Indus und Ganges, des Hoangho, der Binnenlauf des Jordan. Dahinter dehnten sich erst die gigantischen Massen der beiden Kontinente selbst: die Wüsten, Urwälder und Seebecken Afrikas, die nach Norden zu ins Unermessene sich erbreiternden Steppen und die eisbedeckten Hochgebirge Asiens. Und wo die beiden Erdteile in winziger Landbrücke zusammenwuchsen, in jenem rechten Winkel, der so recht zum entscheidenden Brennpunkt der Frühkultur geworden, da öffnete sich zunächst nicht der Weltozean, der nach Amerika überflutend die

ganze Größe der Kugel hätte offenbaren dürfen, sondern der Horizont engte sich auf viele Jahrhunderte ein in die Grenzen des kleinen Mittelmeers.

Wohl lehrten allmählich phönikische Fahrten zu Handels- und Kolonisationszwecken, daß jenseits der Straßen von Aden und Gibraltar ein vergleichsweise offenes, die äußeren Ränder der Kontinente bespülendes Meer auftauche. Aber es blieb (bei der Beschränktheit nautischer Mittel) bei der einfachen Feststellung der Thatsache, — das „äußere Meer" nahm in der Vorstellung immer wieder die Gestalt eines Wasserringes an, der die runde Erdinsel mit ihrem „inneren" Mittelmeer konzentrisch umschloß und an seinem anderen Ende das starre Himmelsgewölbe trug. An dieses überkommene Bild der Scheibe, die der Okeanos umgürtet, knüpft auch die erste griechische Geographie an, es ist das Erdbild der homerischen Gesänge und heftet sich in der Folge erst recht eisern ins allgemeine Volksbewußtsein der ganzen griechisch-römischen Epoche ein, wenn auch die engere hellenisch-alexandrinische Wissenschaft verhältnismäßig früh schon die Kugelgestalt der Erde gelehrt und den Okeanos aus einem Ring zum geschlossenen Weltmeer der Antipodenseite des Erdballes gemacht hat, — ein Weltmeer, in dessen Leere so sehr viel später dann erst Columbus sein Amerika setzen durfte.

Alles in allem war es doch eine reiche Fülle an Stoff für einen ersten Grundriß zum „Kosmos", zu einer Gesamtdarstellung des Naturganzen, der sich an der Wende des grauen und des hellen Altertums über die glücklichen Jahrhunderterben von Jahrtausenden, die Griechen, ergoß. Aus den erstarrenden Völkermassen der alten Zeit, die in Ägypten und China ihren kulturellen Höhepunkt, aber auch den Gipfel eben des Erstarrungsprozesses fanden, hatte sich jener handelseifrige semitische Stamm der Phöniker in wirtschaftlichem Zwange zu freiester Beweglichkeit losgesondert. Im eigenen Interesse befangen, ging er als achtloser Säemann mit vollen Händen durch die Küstenlande des Mittelmeers, und auf einmal blühte, was im Osten schon überreif und alt geworden, in verschwenderischer Pracht aus neuer, fruchtbarer Erde: das Griechentum blühte auf.

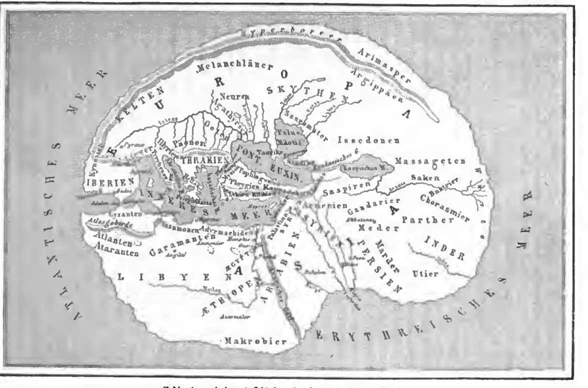
Es ist heute schwerer, als es früher war, mit knappem Wort der wahren Bedeutung des Hellenentums für die Ausgestaltung des Kosmosbildes gerecht zu werden. Der Traum von der ganz isolierten, aus jeglicher Entwickelung herausfallenden Offenbarung im Griechengeiste und der Erfüllung alles höchsten Menschentums in dieser Offenbarung ist ausgeträumt. Die Kunstgeschichte selbst ist aus einem Stadium blinder Verhimmelung alles „Klassischen" zu ernster Sachforschung übergegangen, die binnen kurzem das ganze Bild derartig verschoben hat, daß auch die

noch übrig bleibende berechtigte Bewunderung völlig neue Maßstäbe braucht. In der Geschichte der Wissenschaft aber hat ein emsigeres Quellenstudium Lorbeerkranz um Lorbeerkranz geknickt, der bald überhaupt nicht berechtigt, bald auf ein falsches Haupt geraten war, und ernstlich aufzuräumen begonnen mit den bösen Früchten eines allerdings gut gemeinten Kultus, der die wirklichen Meister weit überschätzte und zudem noch jeden kompilierenden Epigonen heilig sprach, bloß weil auf ihn auch noch der Glanz des Wörtchens „klassisch" fiel, mochte er nun Römer oder Grieche sein. Der Hauptumschlag aber ist erfolgt, seit der ungeheure Einfluß des Orients auf die griechische Entwickelung nachgewiesen wurde. Es ist kein Zweifel, daß schon der nächsten Generation die angeblich elternlose „Urweisheit" der Hellenen ebenso sehr Legende sein wird, wie es unserer aufgeklärten Wissenschaft jetzt längst die althebräische ist. Hand in Hand damit sinkt das wild emporgeschwollene Niveau hyperbolischer Hochschätzung der Antike auch in unserm öffentlichen Leben zusehends, und dieselbe nächste Generation wird schwerlich ihren humanistischen Jugendunterricht noch in der hergebrachten Weise einseitig auf den Katechismus des absoluten „klassischen Altertums" aufzubauen wagen.

Für unsere Betrachtung ist es bei so aktuellem Stand der Frage andererseits gerade doppelt wichtig, in der Beurteilung der unzweideutigen hellenischen Leistung nicht ins skeptische Extrem sich hineinreißen zu lassen. Die Begabung der Griechen war, auch auf dem naturwissenschaftlichen Boden, eine künstlerische, d. h. künstlerisch im höchsten Sinne des Wortes, wo es so viel wie kombinatorisch, gesetzlich zusammenfassend, bedeutet und ein wesentliches Element in der höchsten Form auch der Naturforschung bildet, ja völlig unentbehrlich ist zum wirklichen Aufbau eines kosmischen Naturgemäldes im großen Stil, wie er durch Humboldt begrifflich festgestellt ist.

In diesem Sinne ist es über jeden Zweifel erhaben, daß wir, wie ja auch das Wort, so die Idee des Kosmos als solche den Griechen verdanken und daß wir diese Griechen feiern müssen auch als die wahren logischen Entdecker des Entwickelungsgedankens in unserer modernen Form.

Das naturwissenschaftliche Material aber, mit dem die Blütezeit des Hellenentums arbeitet, ist in den wesentlichsten Punkten die Überlieferung jener orientalischen Jahrtausende. Diese Überlieferung war zum großen Teil ein Chaos; reich, aber ohne echt wissenschaftliche Methode bloß aus zufälligen Nützlichkeitsgründen aufgespeichert. Die astrologisch gefärbte Priester-Astronomie der Babylonier, die religiös vielfach eingeengte Medizin der Ägypter, die für Handelszwecke zwangsweise erworbene Geographie der Phönikier und das Gewirre geologischer Reminiscenzen, das als roter Faden die orientalischen Kosmogonieen durchzieht. Die große Zeit des Hellenentums wickelt sich so rapid schnell ab, daß von einem umfangreichen



Erdkarte nach der Ansicht des Herodot (um 400 v. Chr.).
(Vergl. S. 89.)

Hinzubeobachten schon deshalb kaum die Rede sein kann, zumal mitten hinein mit dem Zuge Alexanders und der Verpflanzung der blühendsten griechischen Kulturzweige direkt nach Kleinasien und Ägypten hinüber von neuem und noch intensiver die vorhandenen Materialien des Orients sich in den Vordergrund drängen.

Was mit Kombination aus dem gegebenen Stoff zu machen war, hat der Grieche gemacht.

Eine kurze Spanne scheint es, als gipfele die Lehre vom Kosmos sich hier wahrhaftig direkt auf unsere moderne Höhe zu. Aber am Schlusse ist's doch nur ein thönerner Bau. Der fundamentale Mangel, daß trotz des herrlichsten Gedankenfluges das Beobachten, das Sammeln der Thatsachen nicht nur nicht vorwärts gegangen, sondern geradezu erstarrt ist, rächt sich plötzlich, und als ein kombinationsarmes, registrierendes Volk wie die Römer das griechische Erbe antritt, scheint es fast, als habe das Hellenentum überhaupt nichts geleistet, sondern bloß eine ungeheure Trümmerflut alter orientalischer Beobachtung mehr oder minder glücklich gerettet, die allerdings dann in der Folge vielfach für hellenische Originalweisheit gilt. Die Kombination der Griechen selbst, verkörpert in Aristoteles, wird sogar schließlich direkt zum Kulturhemmnis, genau wie der sinnvolle hebräische Mythus. Und als endlich eine Zeit anbricht, die nicht nur die Irrtümer in dieses Aristoteles Beobachtungsmaterial nachweist, sondern — in unseren Tagen — ihn überhaupt nicht als Beobachter, sondern nur als Sammler älteren Materials gelten lassen will, scheint das Urteil gesprochen.

Und doch muß man, um gerecht zu sein, diese späteren Phasen zunächst vergessen und den Neuwert jener ersten, grandiosen Blüte wissenschaftlicher Kombination bei den Griechen in seinem ganzen Umfange sich vergegenwärtigen. Ein Beispiel vorweg! Das Material, das der Grieche aus der Scheuer orientalischer Jahrtausende erhielt, war keineswegs größer als das, was etwa die isolierte alte Kultur der Chinesen für sich aufgehäuft; trotzdem ist der Chinese in den ganzen nachfolgenden zwei Jahrtausenden nicht zur Kombination gekommen, das Bild des von Naturgesetzen geordneten Kosmos, der Begriff der allwaltenden Kausalität im Naturganzen, deren Züge zu verfolgen sind bis zur klar gegliederten Entwickelungsgeschichte, hat sich ihm nicht aufgethan trotz seiner Kometenbeobachtungen, trotz seiner Tierbeschreibungen, trotz seiner Volksschulen und Examina. Im Griechentum aber hatte die abendländische Menschheit diesen Schritt gemacht und seine Spur verlor sich nicht mehr.

Im Sinne solcher Betrachtungsweise erklärt sich der beständige Kontrast des Größten und des jammervoll Kleinen, der durch das ganze Kosmosbild der Griechen geht. Der Grieche hat eine erstaunliche Masse von Thatsachen, die erst viel spätere Forschung wirklich beweisen sollte, vermutungsweise ausgesprochen, mit der Intuition des Künstlers, die keine

mystische Eingebung ist, sondern ein ins Selbstschaffende gesteigertes Bedürfnis nach lückenloser Verknüpfung. Bezeichnend genug taucht die erste richtige Idee von der Kugelgestalt der Erde bei Pythagoras oder seinen Schülern nicht auf als Resultat sorgsamer Beobachtung, sondern aus „Schicklichkeitsgründen“, wie Peschel treffend sagt: weil die Erde doch die vollendetste Körperform haben müsse und diese die Kugel sei. Ein Philosoph, dessen Bildung vielleicht eine weit strenger naturwissenschaftliche war, wie Anaxagoras, der Lehrer des Perikles um die Zeit der Hochblüte Athens, ein Mann, der die Sonne für einen glühenden Stein nach Art der herabfallenden heißen Meteoriten erklärte und deshalb einen Prozeß wegen Gottesleugnung erleben mußte, nahm dagegen gar keinen Anstoß an der Scheibenform der Erdinsel, über der er den Himmel als bewegliche Krystallschale aufgewölbt dachte. Erst Aristoteles löste die Frage endgiltig (wenigstens für die Gelehrten — nicht fürs Volk!) durch Heranziehen des beständig kreisförmigen Erdschattens bei der Mondfinsternis zum Beweise der Kugelgestalt — wobei dahingestellt bleiben mag, inwiefern die dazu gehörigen Beobachtungen schon uralter, wahrscheinlich babylonischer Besitz waren.

In der philosophischen Betrachtungsweise stehen die älteren griechischen Philosophen, wie Demokrit, verhältnismäßig unserer wissenschaftlich allein zulässigen, auf das Thatsächliche gestützten Welttheorie am nächsten. Sie fußten noch am engsten auf der ersten orientalischen Wissensüberlieferung. War ihre Kosmogonie schließlich auch eine verfrüht kombinierende (Phantasie mit „Keimen einer wissenschaftlichen Naturbetrachtung“, wie Humboldt sagt), so hätte sich doch an ihr materialistisches Lehrgebäude unvergleichlich viel leichter eine wirklich beobachtende Kosmosergründung anschließen lassen als an die späteren Spekulationen Plato's und seiner Schule. Daß letztere mit ihrer wachsenden Annäherung an die Mystik im Gefolge reiner Wortdefinitionen und dialektischer Kunststücke überhaupt trotz Demokrit möglich wurden, war ein Beweis, wie doch auch diesem die eigentliche Grundlage gefehlt hatte, um seine Kosmogonie über viele als die empirisch wahrscheinlichste wirklich heraufheben zu können. Die Hauptsätze der alten materialistischen Schule waren: „Aus nichts wird nichts; nichts, was ist, kann vernichtet werden; Veränderung bedeutet nur Verbindung oder Trennung von Teilen; nichts geschieht zufällig, alles aus Grund und Notwendigkeit; das einzig wirklich Existierende sind die Atome (kleinste Stoffteilchen) und der leere Raum, alles andere ist Vorstellung; die Atome sind unendlich an Zahl und Formverschiedenheit; sie fallen beständig durch den Raum, prallen gegeneinander und erzeugen Wirbel, aus denen Welten entstehen; zahllos sind diese Welten, die bald sich bilden, bald wieder zerfallen; auch die Seele besteht aus besonders feinen, glatten und runden Atomen gleich denen des Feuers, sie erzeugen die Lebens-

erscheinungen, indem sie den ganzen Körper durchdringen." In einzelnen dieser Thesen steckten zweifellos Grundelemente der wirklichen Naturforschung — so in der Unzerstörbarkeit des Stoffs, dem Allwalten der Kausalität. Bestechend wirkt die Weltentstehung durch Wirbel auseinanderprallender Stoffteilchen im Raum. Anderes klingt freilich bedeutender, als es ist. Die Atom-Lehre der modernen Wissenschaft ist nur in sehr bedingtem Maße (trotz des erhaltenen unklaren Wörtchens Atom = unteilbares letztes Stoffteilchen — was einen begrifflichen Widerspruch in sich selbst trägt!) noch verwandt mit jener alten philosophischen, und vielleicht gehen wir einer Zeit entgegen, wo das Mißtrauen dagegen noch viel größer werden wird. Und wie sehr das Ganze für den Hellenen bloß Spekulation bleiben mußte, zeigt eine so handgreifliche physikalische Unwissenheit, die „Feuer" als einen besonderen „Stoff" auffaßt, der auch aus Atomen zusammengesetzt sei, oder die grobe Vorstellung von besonderen „Seelen-Atomen", auf die sich jegliche Gespenstertheorie ohne Mühe aufbauen läßt.

Der Anlauf zum Richtigen bleibt darum doch. Und er wird um so wichtiger, als er nicht isoliert etwa in der Geistesarbeit eines Denkers auftaucht. Ähnliche Keime finden sich in Menge. Mit Heraklit gewann der Begriff des „Werdens" schon eine unserm modernen ähnliche Form. Alles ist in ewigem Fluß begriffen, eine einzige fortlaufende Entwickelung. Empedokles faßte den Gedanken, daß die Zweckmäßigkeit der Dinge in der Natur ein Produkt fortgesetzter Ausmerzung alles entstehenden Unzweckmäßigen im Kampfe ums Dasein sei — der Kern der so viel späteren Darwin'schen Idee. Und mitten im Verfall der griechischen Freiheit auf politischem Gebiet ersteht endlich die menschlich so sympathische Gestalt des Epikur, der in einem schönen Garten seinen Schülern die Freudigkeit des Daseins lehrt, das sich in Harmonie mit der Natur gebracht. Nachmals als Philosoph der eitlen Sinnenlust verschrieen, war Epikur nichts anderes als der erste klar bewußte Vertreter der Freude am Gesetzmäßigen der Welt. Das Erforschen der Dinge, der Naturvorgänge, also gerade das, was die christliche Lehre später für nichtig und trostesarm erklärte, feierte er als die höchste dem Menschen zuerteilte Glückseligkeit. Damit war gewiß auch der moralische Standpunkt der Forschung gegenüber, wie ihn lange nachher Humboldt in monumentale Worte gekleidet, vorgeahnt, vorempfunden.

Aber allen diesen kühnen Ansätzen war noch keine Dauer beschieden. Als der Gedankenbau der griechischen Philosophie bis auf das Zeitalter Alexanders sich in dem System des Aristoteles zu grandioser Einheit zusammenschloß, schleisten wohl allerlei Fragmente jener Hypothesen mit, aber im Grunde siegte doch die davon abgewandte, rein spekulative und unbewußt wieder Mythen bildende platonische Fortentwickelung. Auch für Aristoteles ist die Natur in sich ein Ganzes, ohne Eingriffe von außen;

die Stufenleiter des Gewordenen steigert sich ihm lückenlos vom Anorganischen zur Pflanze und zum Tier herauf. Aber hinter dieser Welt der Bewegung steht das unbewegte Etwas, der Gott, der das Ganze treibt, und jener Umschwung ist angebahnt, der in der Folge durch das Auftreten und den Sieg der christlichen Philosophie auf lange hinaus den Begriff der Entwickelung überhaupt lahm legen und mit Begriffen wie „Wunder, das momentan die Naturgesetze aufhebt“ und „Schöpfung aus dem Nichts“ glücklich die dunkelste Tiefe der Mystik erreichen sollte. Beschrieb die philosophische Behandlung der Grundfragen des Kosmos so schließlich nur eine Arabeske, ohne viel weiter zu dringen, so gab allerdings daneben die Gewöhnung an freie philosophische Denkweise den griechischen Gelehrten im einzelnen eine Unbefangenheit des Blickes, die zu bedeutenden Entdeckungen führen mußte. Es klingt paradox, aber es liegt vielleicht eine nachdrückliche Wahrheit darin, daß die griechische, zumal die nacharistotelische Astronomie in Alexandria*) so erstaunlich weit kam, gerade weil sie weniger unter dem Druck der wirklichen Beobachtung stand und weniger Skrupel empfand, sich vom Sinnenschein loszusagen.



Epikur.

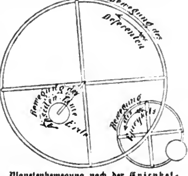
*) Im Jahre 332 v. Chr. gründet Alexander der Große, der Schüler des Aristoteles, die Stadt Alexandria an der Küste von Unterägypten. Als das Reich des Makedoniers nach seinem Tode zusammenbricht, wählen seine Erben in Ägypten, die Ptolemäer, Alexandria zur Residenz. Unter ihrem Schutze wird die Stadt zur einzigartigen Hochschule griechischer Wissenschaft. Ein reich dotiertes Institut, das Museum (Museion), mit dem eine weltberühmte Bibliothek verbunden ist, gewährt den Gelehrten die Möglichkeit, als Pensionäre auf öffentliche Kosten frei ihren Studien zu leben. Euklid (Eukleides), der Verfasser

Das fundamentale Hilfsmittel zur Erweiterung der direkten Beobachtung, das Fernrohr, war von ihr nicht erfunden worden und so war der eine große Weg durchaus abgeschnitten. Um so lebhafter regte sich die mathematische Spekulation. Im Banne weltentrückten Philosophierens schien der Gedanke durchaus nicht so unmöglich, daß sich die Erde um die Sonne bewegen könne. Aristarch von Samos (um 260 v. Chr.) hat die Lehre als Hypothese denn auch nach glaubwürdiger Angabe bereits wirklich aufgestellt. Es blieb allerdings bei der Hypothese. Da, wo die Astronomie sich im Gegensatz enger in die bekannten Bewegungserscheinungen des Himmels vertiefte, bei Apollonius von Perga (um 200 v. Chr.), Hipparch (um 150 v. Chr.) und Ptolemäus (zweites Jahrhundert nach Chr.) hielt man unverbrüchlich an der ruhenden Erde und der Bewegung der Sonne fest. In anderem Sinne aber feiert gerade mit diesen Dreien die kombinatorische Begabung des Griechengeistes ihren höchsten Triumph. Gerade weil man hier die völlig falsche Grunderklärung mit den richtigen Thatsachen der Beobachtung in Übereinstimmung bringen wollte, erfand man den kühnsten und — abgesehen von der Grundlage — in sich folgerichtigsten astronomischen Hypothesenbau aller Zeiten, — das Weltsystem, dessen Ruhm sich später im Engeren an den Namen des Ptolemäus knüpft.

Uns erscheint die Lehre von der Erde als ruhendem Mittelpunkt des Planetensystems bereits sehr absurd. Dringt man in die Details jener späthellenischen Denkerarbeit ein, so bleibt wenigstens die höchste Achtung vor der Leistung innerhalb der einmal gesteckten Grenze. Das Charakteristische des ptolemäischen Systems liegt nämlich keineswegs in der Behauptung selbst, Sonne, Mond und Planeten bewegten sich um die Erde. Diese Annahme war uralt, und streng genommen teilte gerade Ptolemäus sie gar nicht einmal im gebräuchlichen Sinne. Schon Hipparch hatte, um die ungleiche Länge der Jahreszeiten, die in Wahrheit eine Folge der elliptischen Form der Erdbahn ist, zu erklären, ohne die Kreisform seiner angeblichen Sonnenbahn zu opfern, die Erde — nicht bewegt, aber doch thatsächlich vom Mittelpunkt des Kreises um 1/24 seines Radius fortgerückt, so daß die Sonne nicht um sie, sondern um einen idealen Punkt lief und der Erde bald näher, bald ferner stand. Das größte Kunststück der ganzen ptolemäischen (in wesentlichen Teilen nur von ihm zusammengestellten, nicht erfundenen) Astronomie war aber die Bewegung der Planeten. Sie liefen

der „Elemente" der Mathematik, der Geograph Eratosthenes, wahrscheinlich der Astronom Hipparch und viele andere erfreuen sich dieses Asyls, dem erst gegen Ende der römischen Kaiserzeit die Sterbestunde schlägt. Es war jedenfalls der höchste Triumph des Griechentums, daß in der Zeit, da seine politische Selbständigkeit gebrochen war, die großen Prunkreüdenzen, die sich aus dem Zusammenbruch herauslösten, keinen besseren Schmuck sich zu ersinnen vermochten als solche Pflege der Wissenschaft.

nicht direkt in runden Bahnen um die Erde, sondern jeder beschrieb während eines Gesamtumlaufs auf seiner eigenen Hauptbahn noch wieder kleinere Kreise, die sogenannten Epicyklen. Diese eigentümlich schraubenartige Bewegung erklärte die scheinbaren Stillstände und Rückläufe der Planeten, wie sie sich der wirklichen Beobachtung darbieten, in vorläufig genügender Weise: ein gutes Beispiel, bis zu welchem Grade scharfsinnige Kombination selbst bei falscher Grundlage sich den Thatsachen anpassen kann; es dürfte noch so manches Stück auch in unserer modernen Wissenschaft geben, wo unsere Rechnung auffallend stimmt und trotzdem ein künftiger Kopernikus uns ptolemäische Epicyklen nachweisen wird, die nichts sind — als die denkbar scharfsinnigste Anpassung einer falschen Voraussetzung an die Folgerungen der Wahrheit!



Planetenbewegung nach der Epicykeltheorie des Ptolemäus.

Der Planet (rechts unten) bewegt sich nicht nur auf einer Kreisbahn (dem Deferenten) um den Mittelpunkt, sondern beschreibt während des Fortschreitens außerdem noch kleine Kreise auf der Hauptbahn, die Epicyklen. Die Erde steht dabei nicht genau im Mittelpunkt des Hauptkreises.

Die Lehre von der Axendrehung tauchte wohl einmal als Hypothese bei den Griechen auf — gerade die besten Köpfe aber, wie Hipparch, verwarfen sie. Man hatte sich so viel Mühe mit der Epicykeltheorie gegeben, um die Ruhe der Erde zu retten, daß man nun nicht geneigt sein konnte, sie zu Gunsten der Axendrehung im letzten Moment doch noch wenigstens bedingt zu opfern. Und doch hing von dieser Eigenbewegung unseres Erdplaneten der wesentlichste Fortschritt zum Kosmosbilde ab, der überhaupt nach dem ersten Umriß, wie ihn die Schule des Demokrit genial hingeworfen, möglich war. Es sollte noch lange dauern, ehe es dazu kam!

Das Kombinatorische, der Blick auf den Kosmos verleugnet sich nicht, wo immer man die griechische Wissenschaft betrachtet. Der wertvolle Sternkatalog, nach den Größen der Sterne geordnet, der uns, wesentlich eine Arbeit des Hipparch, durch Ptolemäus erhalten ist, wurde aufgestellt unter dem kosmischen Gesichtspunkt möglicher Veränderungen am Himmelszelt und unterschied sich so wesentlich von etwa vorhandenen Verzeichnissen älterer Art.

Als der größte Geograph des Altertums, der Athener Eratosthenes (276—196 v. Chr.), seine weltberühmt gewordene Gradmessung zwischen Syene und Alexandria in Ägypten vornahm, fußte er zweifellos auf alten, sorgsamen Messungen der Ägypter selbst; aber diese hatten wahrscheinlich

Thule
NÖRDLICHER OCEAN
Basilia
Ierne
Britanien
ATLANTISCHER
EUROPA
SCYTHEN
Sauromaten
Rhoxolanen
Iberien
Albanien
Sacer
Massageten
Sogdiana
Baktriana
Makedonien
Hellas
Armenien
Medien
Ariana
Gedrosien
Mallier
Attakener
INDIEN
Getulia
Nigritien
Psyller
Marmariden
AEGYPTEN
Garamanten
LIBYEN
Äthiopien
Äthiopier
Zimmt-Region
Arabien
ERYTHRÄISCHES MEER
Taprobane
INDISCHER OCEAN
AETHIOPISCHER OCEAN

Erdkarte nach Eratosthenes (etwa 240 v. Chr.).

(Vergl. S. 80).

nur ein lokales Verwaltungsinteresse gehabt: Eratosthenes ging von seinen Zahlen über zur Bestimmung des Erdumfanges.

Sechzehnhundertundneun Jahre nach Beginn unserer Zeitrechnung sollten noch vergehen, ehe in der ersten jener wahrhaftig gnadenvollen Nächte, da Galilei sein eben neu konstruiertes Fernrohr auf den Himmel richten durfte, die wahre Natur der schattenwerfenden Mondgebirge unzweifelhaft durch die Beobachtung festgestellt ward; und doch erscheint die Behauptung als Analogieschluß eines kombinierenden Griechenkopfes schon in der goldenen Zeit Athens unter Perikles, bei Anaxagoras, und kehrt wieder bei Plutarch, der direkt vom Schatten der Mondberge spricht, im Gegensatz zu der Annahme anderer, daß der Mond ein Spiegel sei und die Erdkarte im kleinen zurückstrahle.

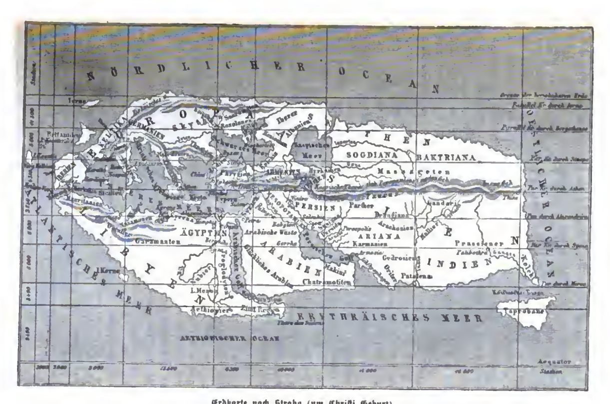
Natürliche Umstände, zu denen ganz besonders die immer energischere Erschließung des Orients durch den märchenhaften Zug Alexanders und später die Ausdehnung des römischen Weltreichs bis nach dem Rhein und den britannischen Inseln im Gefolge rein politischer Zwecke gehörten, erweiterten das Erdbild der klassischen Völker von selbst um ein sehr beträchtliches Stück. Karten wurden besonders dem römischen Militärstaat unentbehrlich, und der wanderfrohe Tourist aus der Zeit des Kaisers Hadrian bedurfte schon ebenso des Reisehandbuchs, wie der moderne Alpenfex. Ein Blick auf die hier mitgeteilten vier Weltkarten nach Herodot, Eratosthenes, Strabo und Ptolemäus lehrt den raschen Fortschritt im Verlauf von ein paar Jahrhunderten (wobei man übrigens nicht vergessen soll, daß die Karten in dieser Darstellung versuchsweise, moderne Zeichnungen auf Grund der nicht immer sehr deutlich überlieferten Texte sind). Herodot (um 450 v. Chr.) haftet noch eng an dem kreisförmigen Weltbilde Homers, wenn er auch die mathematische Zirkelform ablehnt; das östliche Mittelmeer eigentlich ist bloß für ihn hell, von der südlichen Erstreckung Afrikas, den Halbinseln des südlichen Asien hat er keine Ahnung, Europa erscheint ihm so groß wie Asien und Afrika zusammengenommen. Auf ganz anderer Basis steht bereits die Karte des Eratosthenes (um 240 v. Chr.). Europa wird deutlich bis nach Irland hinauf, der Nillauf gliedert sich richtig und bis in die erst von unserem Jahrhundert wiedergefundenen Quellseen hinein, wenn auch die wahre Gestalt Afrikas im ganzen nach wie vor ein Rätsel ist; Asien wächst an Größe und spitzt sich wenigstens schon zu Vorderindien und Ceylon (Taprobane) zu. Dafür schleichen sich allerdings auch zähe Irrtümer nachträglich ein, wie die offene Verbindung des Kaspischen Meeres mit dem nördlichen Ozean. Strabo (vermutlich nicht viel vor Christi Geburt), der Sammler, der die griechische Weisheit von der Erde noch einmal geistvoll zusammenfaßt, fügt noch manche Einzelheit hinzu, ohne in den allgemeinen Zügen das Weltbild des Eratosthenes allzu weit zu überflügeln. Die Karte des Ptolemäus endlich (anderthalb Jahrhunderte

n. Chr.) schloß das Kaspische Meer zwar wieder und gliederte Nordeuropa im Vollbesitz römischer Kenntnisse, verknüpfte aber, im Anschluß an Hippарch, Ostafrika jenseits des Indischen Ozeans in wunderlicher Landbrücke mit Hinterindien — im direkten Widerspruch zu der im Altertum selbst verbreiteten Behauptung, daß auf Befehl des ägyptischen Königs Necho (um 600 v. Chr.) schon einmal phönikische Seeleute vom Roten Meer aus bis zur Meerenge von Gibraltar ganz Afrika umsegelt hätten.*) Von der Kugelgestalt der Erde überzeugt, nahm Ptolemäus doch den Äquator um ein beträchtliches Stück zu kurz an: ein Irrtum, der insofern von hervorragender Bedeutung für die künftige Erweiterung des Kosmosbildes geworden ist, als Columbus aus ihm den Mut schöpfte, das scheinbar nur schmale Meer zwischen Spanien und Ostasien einmal wirklich zu übersegeln!

Das Wesentliche aber, was die griechische Geographie auch hier als kosmologische Wissenschaft leistete, war ihr Blick für das Ursächliche der Erscheinungen. Empedokles hatte schon früh die mystische Lehre der Pythagoräer von einem geheimnisvollen Zentralfeuer der Welt umgeformt zur Theorie eines glühend flüssigen Erdkerns, der sich in heißen Quellen und den Lavaströmen des sizilianischen Feuerberges Ätna offenbare. Strabo erriet lange vor dem jähen Erwachen des Vesuv, dem die blühende Stadt Pompeji unter Titus' Regierung ihr furchtbares Ende verdankte, aus der Kratergestalt die vulkanische Natur des Berges.

Störend war hier überall nur der Mangel an Physik, der als solcher wieder Folge des Mangels an den allereinfachsten Instrumenten war. Nicht nur der Ortsbestimmung fehlte der Kompaß, — es mangelten das Thermometer und das Barometer, und wo Kombination (und mathematische Rechnung auf ihrem Grunde) nicht anwendbar waren, zerfloß alles ins Wertlose. An physikalischen Hypothesen war allerdings kein Mangel, und bei der Masse der Denkarbeit begegnet man thatsächlich schon den Keimen einiger der wertvollsten neueren Stützen unserer eigenen kombinierenden Physik. Das Gravitationsgesetz taucht in allerlei Formen auf. — aus der Zeit des Aristoteles dringt ein vager Anklang der Undulations-

*) Ob diese früheste und zwei volle Jahrtausende lang nicht wiederholte Umsegelung Afrikas wirklich stattgefunden, ist zwar Streitfrage, aber wahrscheinlich. Herodot (um 450 v. Chr.) erwähnt als unglaubliche Angabe, daß die Phöniker bei dieser Fahrt (von Ost nach West das Kap umschiffend!) schließlich die „Sonne zur Rechten bekommen hätten", — eine Überlieferung, die uns heute im Gegensatz zu Herodots Zweifeln grade das „überzeugendste Argument für die Wahrheit des Berichts", wie Humboldt sich ausdrückt, werden muß. Die Karthager suchten viel später unter Hanno (etwa 470 v. Chr.) von der Westseite her die Küste Afrikas zu erforschen, ohne daß das Kap erreicht worden wäre. Sie entdeckten bei dieser Gelegenheit die Existenz großer menschenähnlicher Affen in Westafrika, die sie „Gorilla" nannten. Der Name hat sich in unserer Zoologie erhalten.

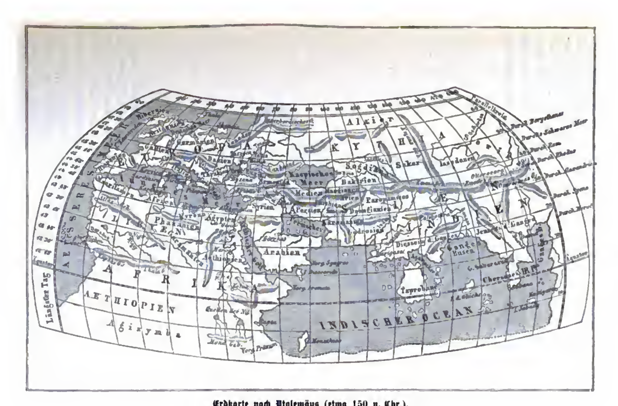


Erdkarte nach Strabo (um Christi Geburt).
(Vergl. S. 89)

theorie des Lichtes herüber in der Behauptung, daß die Empfindung des Sehens zurückgehe auf eine Bewegung des Mittels zwischen Auge und Objekt, ähnlich wie dem Schall eine Lufterschütterung zu Grunde liege.*)

Wollte man die positive Erkenntnishöhe einer Zeitepoche an solchen kühnsten Hypthesen messen, so müßte man den Griechen auf biologischem Gebiet die Palme bereits des denkbar Höchsten zuerkennen. Denn in philosophischen Lehrgebäuden sind sie, wie schon oben erwähnt, rein spekulativ unbezweifelbar bereits bis zu dem Darwin'schen Gedanken einer natürlichen Entwickelung der Pflanzen- und Tierarten bis zum Menschen herauf vorgedrungen. In Wahrheit ist die Leistung auf zoologischem und botanischem Gebiet in hohem Grade lückenhaft. Der mathematischen Behandlung zunächst ganz unzugänglich, der Kombination auch gröbster Art erst offen vom Moment einer systematischen Ordnung an (die erst so unverhältnismäßig viel später mit Linné kommen sollte) blieb dieser Boden notwendig steril. Es blieb bei roher Stoffanhäufung, die sogar noch das Beste war. In ihr aber tritt der spezifisch hellenische Geist stets in den Hintergrund gegenüber dem vorhandenen orientalischen Schatze und dem späteren römischen Registriertalent. Die großen Gruppen des höheren Tierreichs hatten sich früh eingeprägt und brauchten nicht erst von Aristoteles etwa gefunden zu werden. Da, wo die Entscheidung lag: bei den niederen Tierstämmen, gab auch Aristoteles, der hier die kombinatorische Epoche immer noch am besten vertritt (den astronomisch-geographischen Fortschritten in der erst folgenden alexandrinischen Blütezeit entspricht keine ähnliche biologische Erweiterung!), keinen fruchtbringenden Anstoß. Gewisse, immer erstaunliche Detailkenntnisse, die er hier und da zwischen allerlei Wust verrät, stammen evident aus dem praktischen Leben einer seefahrenden Nation, nicht aus Studien zu zoologischem Zweck. Aristoteles weiß, daß die Waltiere durch Lungen atmen und lebendige Junge zur Welt bringen, und weist sie einer besonderen Gruppe neben den lebendig gebärenden Vierfüßlern, den Vögeln und den eierlegenden Vierfüßlern (Reptilien und Amphibien unseres Systems, wozu die neuere Zoologie streng genommen dann auch noch die eierlegenden Schnabeltiere rechnen müßte, während gewisse lebendig gebärende Reptilien (Lacerta vivipara) und Amphibien (Salamandra atra) auszunehmen wären!) zu. Er weiß,

*) Um der Kette kosmischer Ahnungen des Griechenvolks noch ein letztes Glied zu geben, sei erwähnt, daß als „logischer Schluß" bei Strabo die Vermutung auftaucht, man werde möglicherweise beim Übersegeln des Ozeans zwischen Spanien und Indien noch auf dazwischen liegende bewohnbare Erdteile stoßen. Im Drama „Medea" (aus der römischen Kaiserzeit und dem Seneca zugeschrieben) weissagt der Chor: „Jahrhunderte werden kommen, denen der Ozean seine Schranken lockert und die Weite der Erde sich erschließt. Thule (Island?) wird dann nicht mehr das äußerste der Länder sein!" Auch hier hatte die Kombination das Thor im Geiste offen gesehen. Es wirklich zu öffnen, blieb einer viel späteren Zeit vorbehalten.



Erdkarte nach Ptolemäus (etwa 150 n. Chr.).
(Vergl. S. 89.)

daß bei den Tintenfischen der Dottersack aus dem Munde des Embryo hängt, daß (was erst 1839 von Johannes Müller wieder festgestellt wurde) bei gewissen lebendig gebärenden Haifischen eine Art „Mutterkuchen“ die Eileiter-Wandung mit dem Dottersack verknüpft, ähnlich wie bei den höheren Säugetieren, er behauptet die Existenz von Zwittern (d. h. Vereinigung von männlichen und weiblichen Geschlechtsteilen in einem und demselben Individuum) bei einzelnen Fischen, was unsere Beobachtungen



Aristoteles.

bei gewissen Arten der Barsch-Familie in der That wahrscheinlich machen. Aber wo der Philosoph zu verknüpfen sucht, lassen ihn dennoch gerade die fundamentalsten Dinge im Stich. Er irrt an Orten, wo eine einzige selbständige Zergliederung des betreffenden Tieres auf den richtigen Weg geholfen hätte. Seine Mittelglieder zwischen Tier und Pflanze sind nicht unsere „Protisten“ Häckels, sondern Schaltiere und Ascidien, von denen letztere in unserem System schon fast in die Nähe der Wirbeltiere gerückt sind. Die herrlichen Thatsachen der Metamorphose der Insekten, heute jedem Schulknaben vertraut, durfte Swammerdam als ein nahezu jungfräuliches Gebiet anbauen, — sie war den Alten im Umriß bekannt, aber nicht

interessant genug gewesen zum engern Studium. Die einfachsten Grundzüge der Physiologie bleiben fremd: das Herz ist Wärmequelle, die Rolle der Muskeln bei der Bewegung wird verkannt, ebenso der Ursprung der Nerven. Ein so feinsinniger kombinatorischer Philosoph wie Anaxagoras nimmt keinen Anstoß daran, daß Rabe und Ibis sich mit den Schnäbeln begatten sollten, oder das Wiesel seine Jungen durchs Maul zur Welt bringe. Zum Zergliedern fehlten die Instrumente. Das Fundament neuerer Forschung, die Lehre von der organischen Zelle, die den Organismus zusammensetzt, blieb fern, weil das Mikroskop fehlte. Als Erbe alter ägyptischer Priesterschen pflanzt sich bis in die Zeiten der großen Ärzte Hippokrates (Blüte Athens) und Galenus (Römische Kaiserzeit) das Widerstreben gegen Öffnung des menschlichen Leichnams fort, was notwendig die Medizin lahm legt. Kenntnis der ausgestorbenen Arten mangelt vollends ganz.

Es schien mir wichtig, auf diese Thatsachen hinzuweisen, um schon aus dem Vermächtnis der Antike heraus zu erklären, warum der biologische Teil des Kosmos-Bildes sich erst so ungeheuer spät, Jahrhunderte nach den Entdeckungen selbst des Columbus und Kopernikus, entwickeln konnte. Daß die Zeit der Griechen und Römer unbewußt, auf Wegen, die nicht direkt wissenschaftliche waren, beigesteuert hat zum Schatz der äußeren Kenntnisse auch auf zoologischem und botanischem Gebiet, soll natürlich nicht geleugnet werden. Die Feldzüge Alexanders, die Invasion Hannibals mit seinen Elefanten, die Eroberung Galliens und Germaniens durch Cäsar und die ersten Cäsaren brachten einen Massenzuwuchs an Tierformen, von der bizarren Säulengestalt des „Kamel-Panthers" (Giraffe) und dem bengalischen Tiger bis zum Luchs und Elentier der deutschen Sumpfwälder. Die plastische und farbige Tier-Darstellung, in der schon die Tempelbilder Alt-Ägyptens Staunenswertes geleistet, erlangte in der Blüte des realistischen Kunststils (Schlangenköpfe von Pergamon und das kleine zoologisch-plastische Museum in der Antikensammlung des Vatikan!) eine Vollendung, die wir heute erst auf weitem Umweg wieder erstreben. Sie würde geradezu ein Phänomen neben der schlechten wissenschaftlichen Tier-Beschreibung darstellen, lehrte nicht die Kulturentwickelung aller Orten, daß eine naturtreue, direkte Projektion in Bildern der Wortbeschreibung weit vorausgeht: von den Japanesen*) herab bis zu den Eskimovölkern und wahrscheinlich selbst den vorhistorischen Renntier-Menschen Europas.

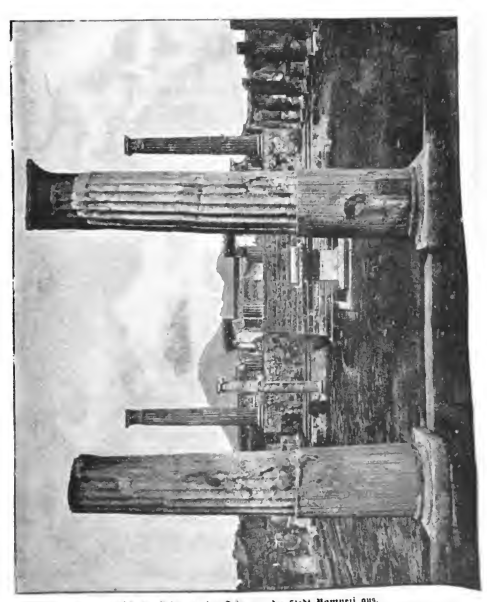
*) Die Lebendigkeit und charakteristische Schärfe, mit der die japanesischen Zeichner seit langer Zeit Tier- und Pflanzenformen wiederzugeben wissen, ist in vieler Hinsicht noch überraschender als alles, was von klassischen Völkern nach dieser Richtung geleistet worden ist. Unsere besten Tierzeichner des Tages können hier nur lernen. Und doch handelt es sich bei Chinesen und Japanesen um Völker, deren wissenschaftliche, in Büchern niedergelegte Beschreibungen aus zoologischem oder botanischem Bereich bis in die neueste Zeit hinein nicht



Japanesische Tierzeichnung.

Grüßt uns aber das feine Auge des Hellenen für Tiergestalten mannigfachster Art noch heute aus seinen Marmorwerken, Mosaiken und Wandgemälden, so umfängt den modernen Besucher Italiens nicht minder eindrucksvoll das Zeugnis der römischen Freude am Pflanzenleben in dem großen *Kulturgarten Italiens* selbst. Der Zug Alexanders öffnete zuerst die Straße zwischen den Mittelmeerhalbinseln und den bewässerten Reisfeldern und Baumwollpflanzungen des fernen Asien. Gärtner der rö-

über die schlechtesten Leistungen des Altertums (Plinius) hinausgekommen sind, die besseren aber nicht einmal erreicht haben. In solchen Beispielen tritt die unabhängige Größe künstlerischer Entwickelung ebenso scharf hervor, wie — leider — auch ihre Unfruchtbarkeit für den gesamten Kulturfortschritt, sobald sie eine isolierte Blüte ohne Zusammenhang mit dem Wissen und der Weltanschauung einer Zeit bleibt!



Ansicht des Vesuv von den Trümmern der Stadt Pompeji aus.

Im Jahre 79 n. Chr. vollständig unter Aschenmassen begraben, die der nach langer Pause neu losbrechende Vulkan ausgeworfen, wurde Pompeji seit dem vorigen Jahrhundert durch sorgsame Ausgrabungen zum Teil wieder freigelegt und bietet dem Besucher heute den überraschenden Anblick einer in den wesentlichen Zügen wohlerhaltenen antiken Stadt. (Vergl. S. 102.) (Nach einer Photographie von Sommer & Sohn in Neapel).

mischen Kaiserzeit pflanzten in Mittelitalien die erste Agrumi-Art (Zitronat-Zitrone), der später Orange und echte Zitrone nachgerückt sind. Und selbst der Rhein verdankt ja dem römischen Sieger seine Rebe, vom Cäsar Probus fast um die Wende der losbrechenden Völkerwanderung noch als letzte Gabe am wankenden Grenzwall gepflanzt. Unter den Vorwehen des naturentfremdenden Christentums geht wie ein blasses Abendrot durch die übersatte Welt der römischen Reichen noch eine Art fin de siècle-hafter Naturschwärmerei, die besonders gerade der Beschäftigung mit Vegetationseindrücken zu gute kommt: zwischen gepflegten Buchsbaumhecken und in sentimentaler Hingabe an das Rauschen alter Bäume erwartet der übersättigte Großgrundbesitzer den Sturm, den der Heiland seiner Armen und Sklaven erwecken soll, deren wirtschaftlicher Not kein beschaulicher Naturkultus mehr abhelfen konnte. . . . . . .

Die hellenisch-römische Epoche der Naturerkenntnis schließt mit mehreren großen Kosmos-Darstellungen, in denen die Mängel wie die Größe dieser langen, vieldeutigen Zeit sich zum letzten Gruß noch einmal vollgiltig ausprägen. Nicht viel über fünfzig Jahre vor der Geburt des milden jüdischen Messias, der doch so bald der zermalmende Verwandler der ganzen Mittelmeerkultur werden sollte, griff in dem Lehrgedicht „De rerum natura“ (wörtlich: „Über die Natur der Dinge“, dem Sinne nach etwa: „Die allumfassende Natur“) Titus Lucretius Carus den ganzen kombinatorischen Gehalt der griechischen Naturanschauung, wie sie Democrit begründet und wie sie sich, trotz Plato und Aristoteles, in den besten Zügen bis dahin wenigstens noch unzerstörbar erhalten, in schwer dröhnenden Rhythmen zusammen, — Rhythmen, die mit ihren kompakten Konstruktionen dem heutigen Leser eine entfernte Ähnlichkeit besitzen mit der eigentümlich belasteten und doch unbezweifelbar malerischen Prosa Alexander von Humboldts. Der Kosmos des Lucretius ist geschlossen von der anfänglichen Bewegung der Atome im Weltraum bis auf die durchaus natürlich gefaßte Kulturentwickelung des Menschen. Die dichterische Form und die feine Auslese der am besten zu einander passenden Hypothesen ermöglicht ein Verhüllen der Lücken in so hohem Grade, daß das Buch noch heute als Ganzes eine mächtige Wirkung thut. Und doch war nur zu vieles darin schöner Schein! Der Nerv der Dinge war erregt — aber der feste Muskel mit seiner Spannkraft fehlte, um den entscheidenden Schlag zu thun. Für eine philosophisch blasierte Welt, wie die des Horaz, mochte allerdings die große Gabe dieses letzten, innerlichsten Kenners und Nachempfinders der ersten hellenischen Morgenzeit ein behagliches Ruhebett werden, das ihr scheinbar auch noch die ganze empirische Fülle des Kosmos versifiziert beibrachte, ohne sie selbst zum Beobachten zu zwingen. Aber den mit dem Erstarken des Christentums anwachsenden Sturm der Mystik vermochte dieses verfrühte, schlecht gestützte Natur-Evangelium nicht zu besiegen. Klarheit des Denkens und Unbe-

fangenheit des Blickes erscheinen stets als Nüchternheit gegenüber dem Rausche der Mystik, wenn sie sich nicht an eine ungeheure Farbenfülle der Einzelheiten anlehnen können. Der Kosmos des Lucretius besaß diese Fülle nicht — und er erlag. Columbus mußte erst sein Steuer und Galilei



Angebliche Büste des Seneca.

sein Fernrohr richten, um der Mystik mit der Herrlichkeit des Wirklichen begegnen zu können. Bis dahin war aber noch eine lange Zeit!

An einzelnen feinsinnigen Nachfolgern hat es deshalb Lucretius nicht gefehlt. Von dem Minister Nero's, Seneca, ist uns ein geistvolles Buch über naturwissenschaftliche Fragen erhalten, das, neben einzelnen Beimischungen im Sinne verfallenden Geschmacks, doch im ganzen den kosmischen Standpunkt vortrefflich vertritt. Die Naturgeschichte der Kometen

beispielsweise wird darin in einer Weise erörtert, die man in der Folge mehr als ein Jahrtausend lang völlig vermißt; sie werden als Weltkörper mit geschlossenen Bahnen aufgefaßt.

Neben Lucretius und Seneca aber tritt als Beweis, wie es um das wahre *Beobachtungsmaterial* der Zeit bestellt war, das Konversations-Lexikon des älteren *Plinius*. Hier triumphiert der registrierende römische Beamte. Ein Kosmosbild ersteht auch hier, unvergleichlich umfangreicher als das des Lucretius, aber in seiner Fülle eine wüste Masse, die ein mehr äußerlich aufgefärbter kombinatorischer Gedanke nur ganz notdürftig zusammenhält. Es ist in Wahrheit der ganze verworrene *Unterbau der*



Echte Büste des Seneca.

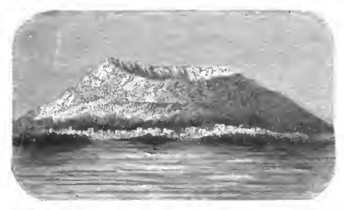
antiken Naturwissenschaft — der vollbefrachtete Speicher aller Jahrtausende von den Sternwarten Ur-Babyloniens bis auf die Germanenkriege des Drusus und Tiberius, in den die feinen griechischen Dialektiker nur hier und da mit vorsichtiger Hand hineingegriffen, um sich dies und das zu nehmen, was für ihre Zwecke paßte. Vieles hat Plinius persönlich ungenügend kompiliert; aber im ganzen zeigt seine Naturgeschichte deutlich das wirkliche Chaos in der Beobachtung. Der Riß zwischen diesem schlechten, unkritisch errafften, mit tausend Märchen und Entstellungen verquickten Material und dem schillernden Kosmos-Bau griechischer Hypothesen ist zu evident, um nicht zur *Kritik* des letzteren zu werden. So ist das gigantische Sammelsurium des großen Kompilators der rechte Epilog der



Der Vesuv in voller Thätigkeit.
(Ausbruch vom August 1872, photographirt von Sommer & Sohn in Neapel.)

ganzen Epoche. Besserer Thatsachen bedurfte es zunächst, wenn die Kombination wieder Wert erhalten sollte.

Das Leben des Plinius endigt mit einem Ereignis von wirklicher kosmischer Bedeutung, wohl geeignet, das Interesse solcher Thatsachen-beobachtung zwangsweise zuzuführen .... unter entsetzlichen Erscheinungen bricht im Jahre 79 n. Chr. der Vesuv, den nicht ganz hundert Jahre früher jene griechische Kombination für einen schlummernden Krater erklärt, aus und begräbt volkreiche Kulturstädte unter schlammartig niederprasselnder, erweichter Asche. Plinius, der Pedant mit dem allregistrierenden Notiztäfelchen, eilt herbei, als die schwarze Wolke gleich einem Pinienbaum sich



Mutmaßliche Gestalt des Vesuv vor dem Ausbruch, der Pompeji verschüttete.
Der Berg war mit Anpflanzungen bedeckt, niemand erwartete einen verheerenden Ausbruch. Als dieser 79 n. Chr. eintrat, stürzte wahrscheinlich die eine Seite des Kraterkessels ein und aus der Höhlung wuchs der steile Aschenkegel, wie er nach vielfachen Umwandlungen heute noch besteht und auf dem Bilde S. 97 über dem (rechts unten sichtbaren) Rande jenes alten, zertrümmerten Kessels emporragt. Vergl. auch das Bild S. 103.

aus dem Schlunde erhebt, und erstickt als Opfer dieser ungeheuerlichsten Offenbarung vulkanischer Erdkräfte, die das Altertum kennt, — ein edler Tod immerhin für die Wissenschaft.

Und doch leuchtet nicht eigentlich aus diesen roten Vesuvinsflammen die Abendröte der griechisch römischen Kultur. Sie dämmert in einem Feuerschein viel trüberer Art, da er nicht nur den Tod eines kurzen physischen Menschendaseins bedeutet, sondern einen intellektuellen Bankerott, einen Geisteswinter, der natürlich auch ein Winter war für die Ausgestaltung des großen Kosmosbildes. Im Jahre 389 n. Chr. stürmen fanatische christliche Mönche des gleichen Schlages wie die, welche 415 der edlen neuplatonischen Philosophin Hypatia auf der Straße die Kleider vom Leibe rissen und sie steinigten, den mit künstlerischen und geistigen Herrlich-



Der Aschenkegel des Vesuv in heutiger Gestalt,
von einem erstarrten Lavastrom aus gesehen. (Nach einer Photographie von Sommer & Sohn in Neapel.)

keiten überschwenglich angefüllten Serapistempel zu Alexandria. Bei dieser Gelegenheit verbrannte der Rest der großen alexandrinischen Bibliothek, zu deren Bibliothekaren einst auch Eratosthenes gehört hatte. Es war der typische Brand für den Umschwung der Zeit, — das erste Buch der Welterkenntnis selbst, das hier aufloderte, um erst, in schlechten Abschriften und nur bruchstückweise über die Lande verweht, sehr spät wieder fruchtbare Asche zu werden für eine neue Erkenntnissaat.

Wandlungen des Kosmos-Bildes
vom Auftreten der Araber bis zum Zeitalter des Columbus.

Mit dem Zusammenbruch des römischen Cäsarenreiches unter dem Doppelsturm germanischer und asiatischer Volksstämme schwand die großartige Kultur-Einheit, die nicht zum wenigsten dazu beigetragen hatte, das Einheitsbestreben auch in der Naturauffassung, den Blick auf den Kosmos, in den Vordergrund zu schieben. Die Zeit war unwiederbringlich um, da die Büste etwa des Democrit vom Bibliotheksregal einer mit Glasfenstern verschlossenen und künstlich durch Röhrenleitung geheizten Villa im Schnee der germanischen Grenzlande am Taunus geschaut hatte und ebenso von dem einer andern, offenen im sonnenweißen Staub der afrikanischen Wüste.

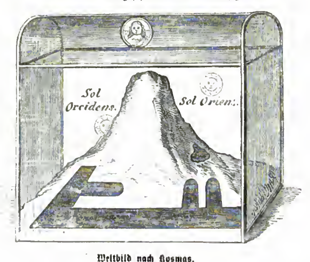
Die neue Einheit, die sich gleichzeitig in einem Teil der befreiten römischen Provinzen wie in Italien selbst unter der Form des sieghaften Christentums zusammenschloß, bot vorläufig keinen Ersatz. Ihr Wesen stand in Opposition zur Forschung. Sie war zum Teil geradezu ein Produkt des Bankerottes der immer kälter gewordenen, immer erdferneren griechischen Philosophie, in der die Kombinationsgabe der Hellenen sich schließlich erschöpft, weil die Kombination sich mit der Beobachtung der Thatsachen nicht hatte befreunden können; und ein Produkt ebenso des Mißmuts über den Wust dieser ungeordneten kosmischen Thatsachen, wie ihn etwa Plinius in seinen siebenunddreißig dicken Büchern kritiklos angehäuft, ohne den Weg von hier zur Kombination zurück zu entdecken. Wenigstens sog das Christentum aus beidem ungeheuren Nährstoff, der ihm, vereinigt mit den sittlich-sozialen Grundgedanken, seinem eigentlichen großen Fortschrittskeim,

und dem jedenfalls früh damit verquickten Eingehen auf die mystischen Neigungen der Zeit, seine weltbewegende Macht schaffen half. Wenn behauptet wird, das Christentum habe dem Kosmos-Bilde einen mächtigen Fortschritt doch — wenn auch vielleicht ungewollt — gegeben durch seine Idee der Einheit und einheitlichen Bestimmung aller Menschen bis zum nackten Wilden herab, so vergißt man, daß diese Art Einheit ein direktes Zuchtergebnis viel mehr des völkerbuntesten aller Reiche, des römischen Kaiserreichs mit seinen einheitlichen Rechtsverhältnissen, war und erst umgekehrt von da aus auch das Christentum beseelt hat, — als das einer Weltanschauung, die fast unmittelbar durch Sektenbildung und Glaubensgegensätze Schranken innerhalb ihrer eigenen Anhänger aufrichtete und zunächst geradezu ihre Gläubigen insgesamt zu den „Heiden" in einen so schroffen Widerspruch setzte, wie ihn das römische Reich in keiner Weise mehr gegen „Barbaren" gekannt hatte.*) Die starke Dosis Mystizismus schon im frühen Christentum isolierte ebenfalls viel eher, als daß sie zu freien Betrachtungen über das Ganze der Menschheit antrieb: der Asket floh in die Wüste, das Kloster schloß sich gegen die Welt ab, der Priester gegen den Laien. Auch als rein soziale Bewegung drückte das Christentum — wenn auch hier ohne jede eigene Schuld — auf die Wissenschaft. Hinter den Philosophen und den vornehmen Geistesschlemmern der antiken Welt hatte eine ungeheure unwissende, unerzogene Volksmasse gestanden, die tief im krassesten Aberglauben steckte. Diese breite untere Volksmasse trat mit dem Christentum in den Vordergrund. Und die Schäden jenes volksfremden Sybaritentums rächten sich. Die Stimme der Philosophen verhallte im sozialen Sturm, und, von Tausenden getragen, erschienen (ähnlich wie in den werdenden romanischen Sprachen das verachtete Volkslatein) so in der Wissenschaft an den Lehrstätten des Eratosthenes oder Lucretius auf einmal die urältesten, zäh im Volke durch ungeschriebene Tradition

*) Selbstverständlich soll durch diese scharfe Fassung des historischen Verhältnisses die Rolle nicht angetastet werden, die der ethische Kern des Christentums überall da, wo er wirklich in seinen humanen Grundsätzen zur Geltung kam, auch für die moralische Grundlage ernster wissenschaftlicher Hingabe gespielt hat. Nur daß man dann dem Worte „Christentum" eine Bedeutung giebt, die sich mit der historischen, wie wir sie zu gebrauchen pflegen, keineswegs deckt. Löst man aus dem Schatze ältester und wertvollster christlicher Sätze etwa einen aus wie „Die Wahrheit wird Euch frei machen", — so ist klar, daß ein solcher Satz nicht mit der Naturforschung im Widerspruch stehen kann und daß diese überall da, wo er klar verstanden war, in fruchtbarster Erde wurzeln durfte. Unter diesem Wahlspruch hätte die alexandrinische Wissenschaft ruhig fortarbeiten können. Daß es ihr aber nicht vergönnt war, daß vielmehr die fundamentalste Wandlung und ein schwer und langsam heilender Riß in der Wahrheitsforschung eintrat, dürfte der entscheidende Beweis dafür sein, daß eben ganz andere und äußerlich viel mächtigere Faktoren thatsächlich im mittelalterlichen Christentum die Oberhand gewannen.

erhaltenen kosmogonischen Märchen des Orients, denen bloß die neue Religion eine Heiligung für den neuen Tag zu geben brauchte, um sie auf eine Reihe von Jahrhunderten wieder unbesiegbar zu machen.

Nachdem die Landkarten und Erdgloben der alten, gewaltigen alexandrinischen Schule verbrannt oder vergessen waren, kehrte in der christlichen Geographie des alexandrinischen Mönchs Kosmas (etwa 550 n. Chr.) jäh aus irgend einem Staubwinkel die früher erwähnte babylonische (ähnlich auch in Indien, das Kosmas besucht hatte, eingebürgerte) Ansicht von der Gestalt der Erde wieder: die Erde, deren Kugelform Ptolemäus so sonnenklar erwiesen, wird von neuem geschildert als ein riesiger, aus viereckiger



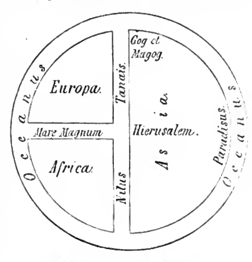
Weltbild nach Kosmas.

Grundlage aufgewölbter Berg, hinter dessen Gipfel an festgeschlossener Himmelsdecke die Sonne auf- und untergeht. Die Bewegung der Gestirne besorgten Engel: eine Variante nur der alten chaldäischen Astralgötter. Die jammervollen christlichen Erdkarten des frühen Mittelalters aber verfehlten entsprechend nicht, die altsemitische Vorstellung von einer radförmigen Erdgestalt mit drei mathematisch genau abgezirkelten Erdteilen wieder aufzufrischen, wobei Jerusalem als Mittelpunkt angenommen wurde, — ein mystisches Durcheinander, bei dem natürlich die ganze Geographie zunächst hoffnungslos in die Brüche ging. Es liegt eine furchtbare Mahnung auch für unsere Zeit in diesem Zusammensturz: die Mahnung, was entsteht, wenn faule Gleichgiltigkeit die Arbeit an der wahren Volksbildung und der Durchdringung der Massen mit den Ergebnissen der Wissenschaft immer weiter in die Ferne vertagt, bis ihr eines Morgens

irgend eine soziale Bewegung über den Kopf wächst und nun das Verpassen des rechten Termins in einer jahrhundertlangen Herrschaft roher Unbildung von den Spitzen bis zur Tiefe sich rächt.

Was die romanisch-germanischen Völker in dem Banne jenes geschichtlichen Verhängnisses auf eine lange Zeit hin nicht sein konnten: die wahren Träger des kosmischen Gedankens, — das hat wenigstens bedingt ein semitischer Volksstamm leisten dürfen, — die jäh auftauchenden Araber.

Ein seltsames Spiel der Dinge! Während von der europäischen Seite des Mittelmeeres an bis hoch in den Norden hinauf die vielleicht denkbar unsemitischsten aller indogermanischen Volksstämme sich verzweifelt mühen, ihr ganzes Denken einer althebräischen, also semitischen Tradition (bei Gelegenheit des mit dem Christentum wandernden alten Testamentes) anzupassen und darüber die ganze naturwissenschaftliche Forschung völlig brach liegen und weit unter das Niveau der antiken Kenntnisse herabsinken lassen, —



Radkarte des frühen Mittelalters.

erscheint mit den Arabern am östlichen, südlichen und westlichen Halbrund desselben alten Kulturmeeres ein frisch empfänglicher Zweig des Semitenstammes und rettet die klassische Kultur. Ebenfalls zu einem neuen, intensiveren Leben geweckt durch eine große Religionsstiftung, die Lehre Mohammeds, ist bei ihm dieser Prozeß doch ein mehr organischer, der das Denken nicht so völlig für sich mit Beschlag belegt wie drüben bei den Christen: die kraftvoll erregte Aufnahmefähigkeit, durch einen glücklichen Zufall in Kontakt gesetzt mit dem Erbe hellenischer Weisheit, wendet sich über die Religionsprobleme hinaus wenigstens eine geraume Zeit hindurch dem wirklichen Nachdenken über die Vorgänge der Natur zu. Zauberhaft schnell wächst das Araberreich politisch in ein Riesenstück des zerfallenen Cäsarenreichs hinein, — von den geweihten Kulturstätten des Orients bis nach Spanien.

Dann kommt das Erobern und Wandern zu einem frühen Abschluß, stäte Kulturcentren entwickeln sich, und zwischen den ersten, wüsten Religionsfanatismus und die (allerdings später hier auch im Banne religiöser Versteinerung unvermeidliche) scholastische Versumpfung schiebt sich eine lange Epoche friedlicher Geistesarbeit, die nicht zum wenigsten dem Kosmosbilde zu gute kommt.

An jene ersten, fanatischen Tage durfte sich noch die Legende knüpfen, daß Amru, der Feldherr des Chalifen Omar, bei Gelegenheit der Eroberung Alexandrias (641 n. Chr.) die Bäder der Stadt sechs Monate lang mit Büchern der großen klassischen Bibliothek habe heizen lassen.*) Um die Zeit Karls des Großen aber (800 n. Chr.) blühte in Bagdad unter dem Scepter Harun al Raschids bereits eine Kultur auf, die noch einmal alle Kombination des Griechentums und gleichzeitig alles Wissensmaterial des Orients bis weit nach Indien und China hinüber zusammenzufassen suchte. Einst, auf dem christlichen Konzil zu Ephesus, 431, war der Patriarch von Konstantinopel, Nestorius, schimpflich wegen Ungläubigkeit verdammt worden, weil er in der Frage nach der göttlichen und menschlichen Natur Christi sich ein eigenes Urteil angemaßt. Seine Anhänger mußten flüchten und siedelten sich in Persien, Mesopotamien und Arabien an. Freier in ihrer Auffassung als die offizielle Kirche, brachten sie Werke der vorchristlichen griechischen Litteratur nach Vorderasien hinüber zu einer Stunde, da im Abendlande die Namen selbst der hellenischen Meister verloren gingen. Es sollte die Rettung des größten Kulturschatzes sein, die mit dieser schmalen Brücke kam; denn durch syrische Vermittelung gelangten so die Reste des antiken Kosmosbildes in der Folge nach Bagdad in der Chalifen Schutz: Aristoteles, vor allem aber Euklid, der alte Meister der Mathematik von Alexandria, und Ptolemäus, der Astronom und Geograph, lebten auf und gaben der eigenen Arbeit des arabischen Geistes ein Fundament, das auch jeden kleinsten Zusatz der Beobachtung und Kombination organisch in die große Entwickelungsreihe eingliederte. Als jene griechischen Weltanschauungs-Klassiker dann viel später von Spanien aus durch arabische Vermittelung auch der romanisch-germanischen Welt wieder zugeführt wurden, kamen sie aus den Händen dieser Araber frisch und lebendig, mit Kommentaren und neuzeitlichen Erweiterungen aller Art, — nicht als bestaubte Pergamentrollen, die irgendwo wie sagenhafter

*) Der Ausspruch wird dem Zerstörer in den Mund gelegt, daß diese Bücher entweder nur enthielten, was im Koran, dem Glaubensbuch der Mohammedaner, stehe, also überflüssig seien, oder daß ketzerisches und deshalb vernichtenswertes darin stehe. Das klingt mehr wie eine Parodie auf die spätere engherzige Koransauslegung, erfunden von einem freidenkenderen arabischen Gelehrten. Um die echte alexandrinische Bibliothek kann es sich überhaupt nicht dabei handeln, da diese längst verbrannt war, höchstens um christliche Schriften; aber selbst gegen deren Zerstörung durch die Araber sprechen Gründe.

Pyramidenweizen die Nacht vieler Jahrhunderte in vermauertem Keller überwacht. — Um die Zeit, da im Abendlande sich der unerquickliche Zwist zwischen Ludwig dem Frommen und seinen Söhnen abspielt, läßt — eine unvergleichlich größere Kulturthat als alle jene in unseren Schulen leider allzu sorgsam gehegten fränkischen Streitereien um die Reichsverteilung — der Nachfolger Al-Raschids, Al-Mamun, das astronomische Hauptwerk des Ptolemäus (von den Arabern Almagest nach dem griechischen Wort ἡ μεγίστη, die Größte, genannt) ins Arabische übersetzen. Mit ihm war vor allem die in christlichen Ländern inzwischen fast spurlos ausgerottete Lehre von der Kugelgestalt der Erde gerettet. Derselbe Chalif erneuerte die alten Versuche des Eratosthenes und suchte durch genaue Messungen eines geographischen Breitengrades das Problem der wahren Größe dieser Erdkugel festzustellen: die Resultate waren schwach, aber das Große und Fortschreitende lag hier nicht im Resultat, sondern in der Methode des Versuchs. Sternwarten entstehen, allerdings auch jetzt noch ohne vergrößernde Instrumente, was die Beobachtung nach wie vor auf Ortsverschiebungen der mit bloßem Auge sichtbaren Gestirne beschränkt, an die sich dann mathematische Spekulationen knüpfen. Die Araber in ihrer Blütezeit sind vor allem ein rechnendes Volk. Mit Fug mahnt unser gangbares Wort Algebra (al gebr wal-mokâbala = Verbindung und Vergleichung) an den Aufschwung der Sache eben durch arabische Mathematiker. Das mystische Element, oft der mathematischen Begabung seltsam in der Weltgeschichte parallel laufend, lebt sich allerdings daneben reichlich genug aus in astrologischen Träumereien vom Einfluß der Gestirne auf die Einzelheiten des menschlichen Lebens, immerhin auch hier wieder wie einst in Babylon in einer verhältnismäßig harmlosen Form. Bedenkt man den furchtbaren Umschlag von dem rein ursächlich verknüpften Kosmosbilde etwa des Lucretius zu der entfesselten Willkür christlich-mittelalterlichen Wunderglaubens, so erscheint auch die arabische Astrologie thatsächlich fast noch als ein sehr gemäßigter Kompromiß, der das Wesentlichste der natürlichen Kausalität wenigstens begrifflich sich bewahrte: die Gottheit wirkte durch die Konstellation der fest bestimmten Sternenläufe auf die Menschenschicksale wie durch ein unabänderliches Naturgesetz. Und wo die arabische Philosophie sich am freiesten erhob, verschmolz dieses Naturgesetz pantheistisch mit dem Gottesbegriff, es blieb ein einziger Kausalzusammenhang von den Wanderungen des Jupiter oder Mars bis zu Geburt oder Tod in der Menschenwelt. Der Zusammenhang war immer wieder der gleiche erträumte; aber wenigstens hat sich mit solcher vom Gefühl ewiger Gesetze durchseelten Astrologie die echte Astronomie stets verhältnismäßig besser vertragen als mit metaphysischer Willkür nach Art der Lehre von der Erschaffung aus dem Nichts. Schiller in seiner geistvollen Art, wie er Wallenstein die Astrologie vertiefen und kosmisch begründen läßt, hat den Nerv dieser Sache treffend erfaßt!

Als Erweiterer des Erdbildes im Bewußtsein der Menschheit haben die Araber Großes geleistet. Sie waren das geborene Volk der Reisenden, beweglich und anschmiegsam, die echten Erben in diesem Sinne der alten Phönikier. Als sie in die Weltgeschichte im eigentlichen Sinne einzugreifen beginnen, erstrecken sich alte Handelsverbindungen von ihrem Stammland schon weit südlich hinunter nach Afrika. Selbst ein Wüstenvolk, überwinden sie in der Folge die großen nordafrikanischen Wüstenländer und dringen Reiche begründend und Moscheen bauend tief in die Negerländer ein. Aus dem Nebel vager Schiffermärchen taucht bei ihnen zum erstenmal der geheimnisvolle Festlandrest Madagaskar, der als Heimat der Halbaffen nachmals von ungeahnter Bedeutung für die darwinistische Forschung werden sollte.*) Der Indische Ozean wird hell bis in das Gewirre der Sundainseln hinein. China ist geradezu ein vertrautes Land. Und wie mit jedem Schritt nach der Südhälfte der Erdkugel hin zugleich mit dem Erdbilde auch, durch den Anblick eines neuen Himmels das Weltbild, sich um die Hälfte vergrößert, so grüßten die Augen arabischer Forscher zuerst — ein bedeutsamer Moment immerhin in der Geschichte des Kosmos — den wunderbarsten und größten aller kosmischen Nebelflecke, die sogenannte große Magelhanische Wolke, die in einsamer Pracht den sternleeren Südpol des Himmelsgewölbes umkreist, — ein Jahrtausend vor unserer Zeit, die mit dem Nebelfleck ihre wissenschaftliche Kosmogonie beginnt! Die eigentümliche Überlenkung der arabischen Kultur nach Spanien ermöglicht gleichzeitig, daß die Kunde der nördlichen Lande, einst von den Römern mühsam erworben, nicht verloren geht: der Geograph Edrisi (um 1154 nach Chr.) besucht selbst Schottland und verzeichnet die Namen bis nach den Faröer-

*) Madagaskar ist in der arabischen Kosmographie die Heimat des Riesenvogels Roch (Ruck), dem Eier von märchenhafter Größe zugeschrieben werden. Thatsächlich wurden in den letzten Jahrzehnten wiederholt kolossale Eier (6mal das Straußenei an Größe übertreffend und an Masse 150 Hühnereiern gleich) auf der Insel gefunden, der zugehörige, vielleicht straußartige Vogel (Aepyornis maximus) scheint aber völlig ausgerottet und ist nur aus unvollständigen Knochenresten bekannt. Der Fall lehrt, wie vorsichtig man darin sein muß, seltsame Behauptungen der alten Quellen ohne weiteres für Märchen zu erklären. An den verschiedensten, geradezu unwahrscheinlichsten Stellen hat die neuere Forschung für die Ehrenrettung grauester Traditionen eintreten müssen. Erst auf den Karten unseres Jahrhunderts sind die großen Quellseen des Nils wieder aufgetaucht, die das klassische Altertum bereits kannte. Durch Schweinfurth und Stanley sind wir in neuester Zeit mit wirklichen innerafrikanischen Zwergvölkern bekannt geworden, nachdem die Pygmäensage solche längst im Herzen des dunklen Weltteils gesucht. Die riesenhaften Tintenfische (Kraken) der hohen See, von denen die alten norwegischen Schriftsteller Grauendinge erzählten, waren so lange Gegenstand des Lächelns, bis unzweideutige Reste in unsere Museen kamen, — verschiedene Weichteile in Spiritus, sowie das naturgetreue Modell eines solchen in Japan gefangenen „Kraken" bewahrt jetzt unter anderm das Berliner Museum für Naturkunde.

Inseln, ja, falls die Deutungen richtig, bis nach Island und dem sagenhaften Amerika (Winland) der Normannen hinauf.

Dennoch zeigt ein Blick auf die beigegebene Karte eben jenes Edrisi auch die Schranken arabischer Weisheit nur zu gut. Die Araber retteten die Geographie des Ptolemäus und erweiterten sie im einzelnen; aber sie



heiligten auch die grundlegendsten Irrtümer dieses Ptolemäus. Ptolemäus hatte den Indischen Ozean zu einem rings geschlossenen zweiten Mittelmeer gemacht. Die Ostküste Afrikas lenkte nach ihm rechtwinklig um und schloß sich im Bogen schließlich an Asien an. Die Araber waren zu Herren dieser Ostküste bis Sansibar hinab geworden; gleichwohl teilten sie den Irrtum. Edrisi's Madagaskar verschmilzt mit Sumatra und Java zu einer einzigen

Insel, so daß in seinem „Quamara“ fast jener vermittelnde Kontinent „Lemuria“ leibhaftig auf der Karte hervortritt, den gewisse darwinistische Hypothesen als (seit Ende der Tertiärzeit versunkene) Urheimat des Menschengeschlechts in dieser Gegend konstruieren wollten. Das Netz der innerafrikanischen Ströme ist eine zweite, obwohl verzeihlichere Wunderlichkeit der Karte: Nil und Niger (Ghana) entspringen gemeinsamer Quelle.

Wie in der Astronomie, so erwies sich auch auf dem Gebiete der Chemie, dieser Wiege geradezu allertiefster kosmischer Offenbarungen, der mystische Sinn der Araber als viel nutzbringender wie die gleiche Neigung bei den christlichen Völkern der Zeit. Während die christliche Mystik von



Laboratorium eines Alchimisten.
(Nach Holbein.)

der Natur weggeißelte, führte die mystische Bethätigung der Araber in ihrer „Alchimie“ immerhin zu Entdeckungen. Die Umwandlung der Metalle, den zauberkräftigen „Stein der Weisen“ fand man nicht. Aber indem man planmäßig danach suchte, erstarkte ungewollt etwas unvergleichlich viel fruchtbareres: die Geschicklichkeit zum Experiment, die große Methode, die Natur zu befragen, ihr ihre Geheimnisse zu entlocken durch ein geschicktes Inquisitorium. Die Anerkennung lag von Beginn an darin, daß die Natur nicht lüge, daß sie von ewig unabänderlichen Gesetzen beherrscht sei, die unter bestimmten Voraussetzungen Bestimmtes und Berechenbares ewig unabänderlich eintreten ließen. Wenn der Alchimist ein Stück Eisen in eine blaue Vitriollösung legte und gewahrte, daß es nach einiger Zeit

verschwunden war, daß sich dafür aber ein Stück Kupfer an seiner Stelle fand, so träumte er davon, der Umwandlung der Metalle, die ihm eines Tages auch Gold aus Kupfer schüfe, auf der Spur zu sein. Sein Schluß war falsch. Das Kupfer war in der Lösung gewesen und hatte sich an Stelle des Eisens ausgeschieden, als die Lösung das Eisen in sich sog. Aber das Experiment als solches war trotzdem siegreich vollbracht. Ein dunkles Ahnen von der Natur chemischer Verwandtschaften war erregt. Man gewahrte, daß auch das Mystische seinen Weg durch natürliche Vorgänge nehmen müsse. Es kroch gleichsam mehr und mehr in die Natur hinein, bis es restlos aufgelöst war . . . jedes Experiment arabischer Alchimie war ein Schritt zur Chemie, während jede mystisch-philosophische Spekulation weltentfremdeter christlicher Asketen einen Rückschritt bedeutete weit hinter das hellenische Kosmosbild.

Auch auf biologischem Gebiet ist es wesentlich der Kontrast gegen die frühmittelalterlich-christliche Unkultur, die den Wert des Arabers steigen läßt, so wenig er im Grunde genommen selbstschaffend gewirkt hat. Wohl beinahe tausend Jahre — bis ins 14. Jahrhundert nach Chr. hinein — herrschte in den christlichen Schulen als zoologisches Kompendium der sogenannte „Physiologus," ein wertloses Machwerk, das im wesentlichen die Zoologie nur als eine Erläuterung der „biblischen" (d. h. der in der Bibel zufällig erwähnten) Tiere auffaßte. Die Araber dagegen waren im zehnten Jahrhundert sicher schon im Besitz ausreichender und mit Zusätzen versehener Übersetzungen der zoologischen Schriften des Aristoteles. Über Aristoteles hinausgekommen sind sie nicht. Plinius blieb ihnen wahrscheinlich unbekannt. Ihre Weltfahrten lieferten manche neue Art, vom Dujong (Seekuh) des Roten Meeres bis zum fliegenden Hund (fruchtfressende Fledermaus) Indiens, ja vielleicht (die Deutungen sind stets problematisch) dem Orang-Utan der Sundainseln und den Beuteltieren von der Grenze der australischen Welt. Wie die Römer haben auch die Araber als praktische Botaniker mitgeschafft am großen Werke, die Mittelmeerländer mit der Flora des Orients zu schmücken; der Chalif Abdurrahman I. pflanzte die erste Dattelpalme in Spanien. Im ganzen aber blieb die Leistung auf diesen Gebieten immer noch gering, wenn man sie nicht an Zeitgenossen, sondern im absoluten Wachstum mißt. Die Stunde der Biologie hatte noch nicht geschlagen. Die Wunderfülle des Organischen stand noch nicht als beherrschendes Bild neben den Wundern der Himmelswelt oder der chemischen Phänomene. Jedes klare System fehlte, und damit jeder Ansatz zum Gesetz innerhalb der Formenmasse. Die äußerlichsten Anpassungen fielen wohl immer wieder ins Auge: des Vogels an die Luft, der Meertiere ans Wasser, und umrissen eine erste, grobe Ordnungstafel. Aber die Scheu vor anatomischer Zergliederung steckte auch dem Araber noch unbesiegbar im Blut und lähmte den Fortschritt.

Ihre weltgeschichtliche Rolle als ein rettendes, ein bewahrendes Volk krönen die Araber damit, daß sie — in äußerstem Gegensatz zu dem abgeschlossenen Kulturgeiz der Chinesen — ihre Bildung in glücklichster Weise weiterzugeben wissen im Moment, da ihre politische Macht zerbricht und bei den christlichen Nationen eine gewisse Krisis zur geistigen Erhebung stattgefunden hat. Ein Teil ihrer Kultur wandert mit den Kreuzfahrern ins Abendland zurück. In Italien selbst bahnt sich um die Zeit des großen Staufers Friedrich II. eine Vermischung an, bei der die besten Teile der aufgeklärten christlichen Welt schon volles Entgegenkommen zeigen. Endlich in Spanien geht die Hochblüte arabischer Lehrsitze — vor allem die Medizin blühte hier — ohne Kulturbankerott glatt über in die sich bildende neue, romanische Herrschaft. Als 1492 die letzte Besitzung der Araber auf spanischem Boden, Granada, fällt, wartet auf diesen Fall als den endlichen günstigen Moment zur Inangriffnahme seines großen Reiseprojekts — Christoph Columbus.

So nahe berühren sich Anfang und Ende der arabischen und der Columbischen Epoche in der Geschichte des Kosmosbildes!

In Wahrheit hatte die eigentliche Überleitung längst stattgefunden: Columbus' Projekt war als solches überhaupt erst möglich in einer Welt, die von der christlichen Radkarte oder dem Weltberge des Kosmas sich wieder durchgebissen bis zur Lehre des Ptolemäus von der Kugelgestalt der Erde, — und dieses Durchbeißen war ein direktes Produkt eben der Verschmelzung mit der arabischen Wissenschaft.

Werfen wir, ehe wir in dieses gewaltige Columbische Zeitalter eintreten, einen flüchtigen Blick noch einmal auf die vorhergehende Entwickelung des Kosmosbildes in den christlichen, vor allem den germanischen Ländern. Das Zeitalter des Columbus und Kopernikus wächst, das muß scharf betont werden, weder spontan aus sich selbst so hell heraus, noch steht es bloß auf dem arabisch-griechischen Erbe. Eine immerhin nicht unbedeutende Welle kam auch direkt aus dem christlichen Mittelalter. Wir haben es oben verlassen vor seinen Radkarten, seinem geographischen Bankerott. Aber diese sind doch nur Ausdruck der ersten, der ganz unfruchtbaren Hälfte. Diese Zeit ist allerdings für das Kosmosbild in einer Weise nichtig, wie es in der Kulturgeschichte nicht wieder vorkommt. Der Gipfelpunkt dieser Nichtigkeit zeigt sich erschreckend deutlich in einer Thatsache, die, seit man ihr auf die Spur gekommen, stets das lebhafteste Interesse erregt hat. Um die Wende ungefähr gerade des Jahrtausends, — während die Christenheit sich in Todesangst vor dem prophezeiten Weltuntergang kasteit und der deutsche Kaiser Otto III. bei Fackelglanz die Leiche des großen Karl in ihrer Gruft zu Aachen anstarrt, ob sie Antwort wisse auf die Zweifel einer tief zerrütteten, von der Natur abgelösten Zeit — entdecken die Normannen über Island und Grönland

weg das Festland von Nordamerika. Wie ein Märchen klingen die Erzählungen von ihren Fahrten. Ein grünes Ufer taucht auf, wo die wilde amerikanische Rebe wächst, — das „gute Weinland" wird die fremde Küste getauft, Kämpfe mit den wilden Eingeborenen finden statt. Und der Besuch wird wiederholt, das Land wird besiedelt, Schiffe segeln herüber und hinüber. Aber jäh, wie es gekommen, eine schillernde Fata Morgana der Weltgeschichte, zerrinnt das auch wieder. Die Kolonien gehen verloren, politische Wandlungen schieben alles in den Hintergrund. Der Ruf der Dinge aber ist — und hier liegt das Entscheidende für die Armut der Zeit — inzwischen nicht Gemeingut der christlichen Kultur geworden. Nur ein paar nordische Chroniken wissen darum, und alsbald mit dem Abbruch der Verbindungen selbst ist alles verschollen, — wie ausgelöscht. Columbus erfährt nichts davon, als er seine so ganz andersartigen Pläne zu einer Westfahrt vor einer Karte schmiedet, die sich auf die von den Arabern geretteten antiken Quellen stützt. So wäre, ohne Columbus, diese ganze erste Auffindung Amerikas für die Erweiterung des Kosmosbildes thatsächlich so belanglos geblieben, wie etwa die Entdeckung Neu-Seelands durch den polynesischen Stamm der Maori lange vor den Reisen Tasmans und Cooks, die zu der europäischen Kulturwelt die erste Kunde von der Insel trugen. Alles liegt in der einen Thatsache, was an Kritik der ersten Hälfte des Mittelalters nötig ist: die Abenteuerlust streitbarer, kraftbegabter Volksstämme an den Grenzen des christlichen Bezirks; und das Darniederliegen jedes wissenschaftlichen Sinnes an den gelehrten Centren eben dieser Christenheit.

Der langsame Emporgang in den Jahren zwischen 1000 und 1492, dem Jahr des Columbus, darf dagegen nicht unterschätzt werden. Aus ihm zehrt der hohe Glanz der Columbisch-Kopernikanischen Tage. An die Stelle der mehr oder minder rauflustigen, nur in zweiter Linie von Mönchsrede beeinflußten Normannenfahrer tritt einerseits in diesen fünf Jahrhunderten das langsame, aber stäte Vordringen christlicher Handelsverbindungen (besonders von Venedig aus) nach Asien bis in das Centrum Chinas hinein. Die Bahn brechen hier die Reisen Marco Polo's, dessen begeisterte Schilderungen der ostasiatischen Gold- und Gewürzlande das große Ideal in die Seelen der Europäer senken, auf irgend eine Weise möglichst direkt dorthin zu gelangen, — ein Ideal scheinbar auf enger wirtschaftlicher Basis, das doch zur reichsten Erweiterung auch des Weltbildes führen sollte. Auf der anderen Seite zerbirst die enge Kirchenweisheit in sich. Die antike Wissenschaft bohrt sich zäh vom Mittelmeer aus wieder Stich um Stich in die starre, fast chinesische Absperrungsmauer der christlichen Dogmen ein. Verfolgt und verketzert, als Teufelswerk und Zauberspuk, halten die Naturwissenschaften ihren Einzug. Aber die größten Geister gerade, Albertus Magnus und Roger Bacon (beide um 1250), ergeben sich dieser „Zauberei". Ihr Andenken als ernster

Kämpfer um den Wandel des Kosmosbildes darf nicht vergessen werden. Die so viel spätere Leidensgeschichte Galilei's hat die Augen der Welt stets mehr auf sich gezogen, als die des Roger Bacon von Oxford, des kühnen Franziskanermönches, der um seines Sinnes für Geographie und Physik willen immer wieder verketzert und in den Kerker geworfen wurde. Und doch war das ganze Zeitalter Galilei's unmöglich ohne diese bittere Vorarbeit. Galilei steht schon hell im Glanz, sein Schicksal ergreift so doppelt; Roger Bacon leuchtet nur matt aus dem schwarzen Hintergrund; aber auch seine Wunden sind Wunden der Menschheit.*)

Blickt man auf das ganze christliche Mittelalter zurück, so kann man ihm eins nicht versagen. Waren die Araber das Volk der Rettung des im Altertum bereits Geleisteten, so schuf die frühe, ganz wissenschaftslose Zeit des christlichen Mittelalters in gewissem Sinne wenigstens einen unverbrauchten Ackerboden für eine Zeit, da die Wissenschaft wiederkehrte. Die letzten Jahrhunderte vor der Renaissance haben etwas von einem zwar ausgetrockneten, aber beim geringsten Regenguß nun auch doppelt zeugungsfähigen Erdreich. Wie es jedem im Leben einmal geht; er läßt eine Idee im Gehirn brach liegen; nach Jahren greift er sie auf und merkt auf einmal, daß sie ohne sein Zuthun sich wunderbar in der Ruhezeit gekräftigt, förmlich schon gegliedert hat, — so geschah es mit diesem Mittelalter. Viele Jahrhunderte hatte Ptolemäus mit seinem Weltsystem aus seinem Gesichtskreis sich entfernt gehalten; jetzt kehrte er wieder; und, als sei gerade durch das Liegenlassen alles reifer geworden, so kam man nach dieser Wiederkehr in verhältnismäßig kurzer Zeit so weit, daß aus Ptolemäus Kopernikus wurde!

Einzelerfahrungen hat auch das exklusiv mönchische Frühmittelalter zweifellos in Masse angehäuft. Das kam jetzt unvermutet alles in Fluß. Es giebt keine Stelle, wo das so evident wird wie gerade bei Kopernikus. Man erinnert sich der früher erwähnten seltsam-geistreichen Art, wie Ptolemäus oder seine Vorbilder die Planetenbewegung konstruiert hatten: jeder Planet läuft nicht direkt um die Erde, sondern er beschreibt gleichzeitig auf der Hauptbahn noch eine Reihe kleiner Kreise, die Epicyklen. Beim

*) Roger Bacon (nicht zu verwechseln mit dem späteren Zeitgenossen Shakespeare's, Baco von Verulam) war mit seiner scharfen Kritik der kirchlichen Zustände in gewissem Sinne ein Vorgänger Luthers. Nur daß die Reformation, für die er eintrat und um die er mehr als zehn Jahre im Kerker litt, viel mehr eine von naturwissenschaftlicher Forschung beeinflußte war, sich in dieser Hinsicht also grundsätzlich von den späteren, rein kirchlichen Versuchen Luthers unterschied. Mitglied des Franziskanerordens, trat er in Oxford als Lehrer mit kühnem Wahrheitsdrang gegen den blinden Autoritätsglauben auf und hatte, mit Humboldts Wort, „von einem Papste (Clemens IV.) geschützt und begünstigt, von zwei anderen (Nikolaus III. und IV.) der Magie beschuldigt und eingekerkert, die wechselnden Schicksale der großen Geister aller Zeiten“.

exakten Ausrechnen dieser Epicyklen hatte sich nun immer deutlicher Eins ergeben. Die Mittelpunkte der Epicyklen des Merkur und der Venus, der beiden zwischen Sonne und Erde stehenden Planeten, bewegten sich auf dem großen Kreise genau so schnell wie die Sonne selbst; die Epicyklen der übrigen Planeten aber bewegten sich so, daß die Schnelligkeit der großen Kreisbewegung immer geringer wurde, die Summe der Hauptbewegung und der Epicykelbewegung aber ergab ebenfalls genau die Schnelligkeit der Sonnenbewegung.*) Jahrhunderte lang wühlte dieses eigentümliche Zahlenverhältnis sich in die Köpfe ein. Sicherlich dämmerte vielen der einfache Schluß: die Sonne ist eben das Centrum, diese Planeten sind zwischen uns und der Sonne, jene jenseits der Erde, — und die Erdkugel selber ist ein bewegter Planet. Es bedurfte nur eines mutigen Kopfes, der diese unendliche Vereinfachung der Rechnung gegenüber der biblischen und klassischen Autorität vorzuschlagen wagte. Kopernikus bewies den Mut. Galilei hat nachher dafür gelitten. Im Innersten vollzog sich aber nur der Prozeß wie beim Funken, der in die Pulvertonne fällt: die Spannkraft des Pulvers mußte da sein; diese Spannkraft hatte das Mittelalter angehäuft.

Bei **Columbus** lagen die Dinge ähnlich. Die Gewürz- und Goldländer waren wichtiger als je geworden. Die Schiffahrt war erstarkt. Der Kompaß half in der einsamen Wasserwüste die rechte Bahn finden. An der Grenze gerade des Atlantischen Ozeans, in Portugal und Spanien, hatte die Kultur sich nachdrücklich festgesetzt. Die nächsten Inselgruppen, die wie Pfeiler hinausragten, waren schon vertrautes Land: Columbus selbst besaß ein Gut auf Porto Santo bei Madeira. Dazu kamen nun die Sagen der Alten von Land im Westen. **Und es kam die Lehre von der Kugelgestalt. Martin Behaim konstruierte seinen Globus.** So lag alles zur That bereit auch hier.

Die großen technischen Erfindungen, die, allerdings zeitlich etwas später, das Kosmosbild nach zwei ganz neuen Seiten ins Ungeheure erweitern sollten, ohne daß ein kühner Abenteurerzug wie der des Columbus

*) Die Zahlen, welche die alexandrinischen Gelehrten für die Bewegung der Planeten auf ihren Epicyklen und der Epicyklen selbst auf dem Hauptkreise (vergl. S. 87) gefunden hatten, ergeben sich aus folgender Tabelle:

Planet	Bewegung im Epicykel in einem Tag	Tägliche Bewegung des Epicykels auf dem Hauptkreise	Summe
Sonne. . . .	0° 0′ 0.0″	0° 59′ 8.3″	0° 59′ 8.3″
Merkur . .	3 6 24.1	0 59 8.3	4 5 32.4
Venus .	0 36 59.4	0 59 8.3	1 36 7.7
Mars . .	0 27 41.7	0 31 26.6	0 59 8.3
Jupiter . . .	0 54 9.0	0 4 59.3	0 59 8.3
Saturn . . .	0 57 7.7	0 2 0.6	0 59 8.3

(Nach Wilhelm M. Meyer in der Zeitschrift „Himmel und Erde“ Bd. I S. 421. Für die ganze Epicyklen-Theorie vergl. auch Rudolf Wolf, „Geschichte der Astronomie“, München 1877.)

dazu nötig war: Fernrohr und Mikroskop, sie sahen nicht minder auf eine lange Geschichte zurück. Was Galilei erobern sollte, hatte Roger Bacon schon geahnt. Der rein praktische Nutzen hatte in der Folge zur Herstellung der Brillengläser geführt. In der ungeheuren geistigen Aufrüttelung der Zeit nach Columbus und Kopernikus kam man an drei, vier Stellen zugleich auf den genialen Gedanken, ähnliche Gläser zu zweien hintereinander zu setzen — und die Waffe war da, die das Thor des Himmels zunächst sprengte und in der Folge dann auch das Thor der lebendigen Rätselwelt des Organischen eröffnet hat.



Globus des Martin Behaim von Nürnberg (1459—1506).
Angefertigt unmittelbar vor der ersten Fahrt des Columbus. Der Raum zwischen Japan (Cipango) und Spanien erscheint sehr klein und ist mit Inseln überbrückt.

Um die Wende zur Renaissance lag alles bereit. Die Kultur, so lange in Araber und Christen getrennt, hatte sich wieder zusammengeschlossen. Das Altertum, so lange im Schutt begraben und nur bei Völkern fremder Sprache noch lebendig, hatte eine neue Stimme bekommen. Im Christentum gährte ein Zersetzungsprozeß. Die Kunst begann in einer Weise aufzublühen, daß kein Zweifel blieb: es bahnte sich ein ähnlicher Menschheitstag an wie einst im Hellenentum, wo auch Phidias neben Anaxagoras und dicht vor Aristoteles gestanden hatte und im Banne eines großen freien Kosmosbildes die Säulen- und Statuenpracht der Tempel weit über die engen Religionsvorstellungen des Volkes hinaus förmlich kosmischen Ideen, tiefinnerlichsten Rhythmusoffenbarungen des Menschengeistes, entgegengewachsen war. Wer noch heute in die lichtdurchwogte Wölbung der Peterskirche zu Rom emporblickt oder sich in die trotzige Marmorgröße des Mose von Michel

Angelo versenkt, der fühlt in diesen nur scheinbar eng kirchlichen Kunstwundern der Renaissance in jeder Linie den kosmischen Zug, das impulsive Losbrechen einer Weltanschauung, die zur Natur zurückkehrte und jählings diese Natur in neuen Ländern, neuen Sternen, neuen Gesetzen vor sich erweitert sah.

Am Vorabend eines solchen Gnadentages hatte die Menschheit noch nie gestanden . . . . . kein Wunder, daß die Erregung alle Gebiete ergriff und eine Fülle großer Individualitäten fast gleichzeitig aus der Masse heraufgipfelte, wie sie keine zweite Epoche kennt, — Individualitäten so starker, eigenwilliger, mitzwingender Art, daß der gesamte Fortschritt der Folge einzig von ihrem genialen Erfassen abzuhängen scheint. In Wahrheit ist in ihnen aber nur verkörpert, was im Ganzen in der glücklichen Reise dieser Stunde begründet lag.

Die Grundlegung des modernen Weltbildes in der Zeit von Kopernikus bis auf Newton.

Wir haben das Werden des Kosmosbildes herauf verfolgt von seinen kindlichen Anfängen. Eine zitternde, verschwimmende Fata Morgana erschien es zuerst, ein naives Spiegelbild unklarer erster Beobachtungen, das regsame, aber ungeregelte Phantasie an die blaue Himmelsdecke gezaubert. Wir haben dann gesehen, wie in der Hochblüte des Griechentums aus diesem zerfließenden Farbenspiel die erste Vision eines gigantischen, rhythmisch geregelten Säulenbaues sich gestaltete, in dem jedes Glied seine logische Stelle hatte und das Ganze tragen half. Aber es blieb auch jetzt noch bei der Vision. Nicht der Tempel der Naturerkenntnis selbst stand da: nur ein Traum von ihm, den allerdings ein gereifter Künstlersinn schon fast zum wirklichen Abbild des Erfüllten im größten Umriß ausgemalt. Und wir sahen, wie selbst diese Vision, als sei sie noch zu gut, zu hoch für die Menschheit, verblaßte, zerrann, hinter Rauchwolken einer dunklen Kampfeszeit sich verbarg, bis sie zuletzt, in den düstersten Tagen des Mittelalters, fast nur noch wie eine blasse Sage verklungener Vorzeit, wie ein schwaches beängstigendes Irrlichtflämmchen hinhuschte durch die schwere Nacht. Wir sahen Zeiten, da es nicht Fortbau, sondern mühsame Rettung nur der

Ideen erster Baumeister galt. Um die Wende, die wir zuletzt betrachtet, war dann dieser Bann endlich wieder gebrochen. Die griechische Säulenhalle begann wieder zu leuchten und erschien — in den großen Tagen der Renaissance — wie ein neuer, befreiender Heiland. Im Augenblick aber, da ihr Glanz das Dunkel rings zu durchstrahlen anfing, zeigte sich eine seltsame Erscheinung. Bausteine lagen rings aufgeschichtet. Eine Generation werkfreudiger, gestählter Arbeiter stand bereit, Hand anzulegen, um die Vision nunmehr wirklich umzuschaffen in einen festen, unzerstörbaren Bau. Und im ersten, glücklichen Moment, da man sich im Anblick des alten Lichtes, das einer versunkenen Krone gleich der Nacht entstieg, jählings der neuen, im Verborgenen angesammelten Kraft bewußt wurde, ward der Grundstein gelegt zum wahren Zeitalter der Naturwissenschaft, dessen Bürger wir heute noch sind.

Es ist nicht wohl möglich, zwischen Galilei etwa und der Forschung unserer Tage noch eine irgendwie fundamentale Scheidewand aufzurichten. Wie viel Kämpfe und Irrtümer auch dazwischen liegen mögen: die große Linie ist von hier ab eine einheitliche.

Über die Grundfragen der Forschungsmethode ist fortan kein Zweifel mehr.

Diese Methode aber — mit ihrer absoluten Wahrheitsforderung, mit ihrer Beschränkung rein auf das Bekannte, Beobachtete und ihrem langsamen, peinlich gemessenen, schrittweisen Vorgehen von Beobachtung zu Beobachtung, mit ihrer ganz bestimmten Theorie des Experiments, die jedem phantastischen Vorauseilen und Überspringen die Thür verschließt, — diese Methode ist eigentlich selbst nur Produkt und Werkzeug wieder einer großen, geklärten Weltanschauung, und diese ist fortan also ebenso stät wie die Methode.

Ihr Wesen liegt darin, daß sie nicht von einem angeblich „geoffenbarten“ oder einem künstlerisch „erdachten“ Weltbilde ausgeht, sondern sich das Weltbild vielmehr erst als ein künftiges, als ein erst zu erringendes Ziel setzt. Wo immer man inzwischen, von Galilei bis auf Darwin, Baustein für Baustein gesammelt hat, da war man durchdrungen von der Hoffnung, daß aus diesen Steinen sich ein weites und befriedigendes Weltbild zusammenfüge. Und das ist der eigentlich erhabene Zug in der ganzen Entwickelung von Beginn dieser Epoche ab: — die höhere Einheit, die hinter der Methode durchleuchtet. Will man notwendig das Wort „religiös“ hineinbringen, so kann man allerdings unter diesem letzten Gesichtspunkt die stille Arbeit der Naturforscher seit Kopernikus und Galilei sehr wohl auch als ein religiöses Werk bezeichnen, ja vielleicht als die denkbar höchste Form religiöser Bethätigung, insofern der Forscher ganz genau weiß, daß er und vielleicht ungezählte Generationen nach ihm noch ganz selbstlos, noch ganz — im höchsten Sinne voller Welterkenntnis — unbelohnt und unbefriedigt schaffen und sich

bemühen müssen, — und doch trotzdem schafft und sich müht: eine Forderung der Selbstverleugnung, wie sie in solcher Schwere nur durch ein ungemein starkes Gemütselement getragen werden kann, das sich wohl kaum von den tiefsten Keimen sonstiger religiöser Begeisterung wird unterscheiden lassen. Es ist ein verhängnisvoller, wenn auch oft und auf mancherlei Fahnen und Devisen hoch gehaltener Irrtum, wenn man die Riesenleistung der Naturforschung rein auf materielle Triebfedern im groben Sinne zurückführen möchte im Gegensatz etwa zu denen der verschiedenen ethischen Bewegungen in der Weltgeschichte oder der künstlerischen Thätigkeit. Die Aufopferung des wissenschaftlich geschulten Reisenden im fieberschwangern Urwald oder unter der lebensfeindlichen Kälte des Pols, die Entsagung des einsamen Rechners vor dem Teleskop oder der zitternden Magnetnadel ist in keiner Weise ohne weiteres erklärt mit dem kalten Hinweis auf die Nützlichkeit großer Reisen etwa für Kolonialzwecke oder magnetischer Beobachtungen für eine verbesserte Leitung von Handels- und Kriegsflotten. Ohne das Gemütselement des stillen Strebens und Arbeitens für eine neue, erhabene und beste Weltanschauung, die lediglich durch Opfer und Hingabe zu erringen ist, würde der Fortschritt ganz gewiß nicht dieser gewesen sein. Der indirekte Zusammenhang ist deswegen selbstverständlich nicht zu leugnen, denn die Ergebnisse der Forschung stehen in beständiger Wechselwirkung auch mit dem materiellen Fortschritt. Und ebenso wenig ist mit dem Wörtchen „religiöse Hingabe“ etwa ein mystisches Element eingeschmuggelt. Der Forscher hält eben seine Weltanschauung für die einzige und beste. Aus diesem Gefühl erwächst seine Hingabe, — letzten Endes unbezweifelbar aus einem Lustgefühl ganz unmystischer Art, das für ihn alle Unlustergebnisse der Detailarbeit innerlich aufwiegt und ihn in und trotz seiner Entsagung genau so glücklich stimmen kann, wie den am Kreuz verschmachtenden Märtyrer der ersten christlichen Kirche sein felsenfestes Vertrauen auf ein beglückteres Jenseits.

Die That des Columbus, an welche die größte Wende in der Geschichte des Kosmosbildes sich, was ein festes Datum anbelangt, immer noch am besten anknüpft, ist selbst vielleicht das hervorragendste Beispiel für die Verbindung menschlicher Interessen zugleich, wie auch für die Klarstellung grade jener Weltanschauungsfrage.

Christoph Columbus war kein Forscher in unserm Sinne. Die religiösen Anschauungen, in denen er aufgewachsen war und in denen er sich sein Leben lang ohne auffällige Skrupel bewegt hat, nußten zu allem eher geneigt machen als zu einer Erforschung der Natur zum Zwecke tieferer Aufschlüsse über den Bau der Welt. Als er beschloß (und seinen Beschluß mit einer menschlich gewiß imponierenden Charakterzähigkeit durchsetzte),

von Spanien nach Westen zu segeln, beherrschte ihn durchaus der nackte Gedanke an einen kürzesten Weg nach den Goldländern im Osten Asiens. Er sah sich im Traum als Entdecker dieses Weges, er sah sich belohnt aus den Goldschätzen jener beglückten Inseln und aus dem Fond von Hochachtung, den der spanische Staat für einen solchen Bereicherer seiner Schatzkammern notwendig hegen mußte. Wohl stützte er sich auf Thatsachen der Wissenschaft. Die Kugelgestalt der Erde stand ihm fest, — wennschon er mit seinem Gewährsmann Toscanelli die Strecke zwischen der spanischen Halbinsel und dem Ziel seiner Goldsehnsucht (Japan) viel zu kurz berechnete und keine Ahnung besaß, daß statt eines Ozeans deren zwei und statt eines ununterbrochenen Wasserbandes eine zwischenliegende Festlandmasse (Amerika) für den Westfahrer nach Asien zu überwinden waren.*) Aber diese Wissenschaft „um ihrer selbst willen", das edle Bedürfnis nach Erweiterung des Weltbildes allein hätten ihn nicht über die graue



CHRISTOPHORUS COLUMBUS LIGURINDI, ARUM PRIMUS INVENTOR ANNO 1492.

Qui rate velivola occiduos penetravit ad indos.
Primus et Americam Nobilitavit humum,
Astrorum consultus et ipse Nobilis ausu.
Christophorus sub fronte columbus erat. Tf.

Christoph Columbus.
(Nach einem Stiche des De Bry aus dem 16. Jahrhundert.)

*) Der Florentiner Astronom Toscanelli (1397—1482), einer der bedeutendsten Forscher seiner Zeit, hatte auf Wunsch der portugiesischen Regierung im Jahre 1474 ein Gutachten darüber abgegeben, wie lang wohl der westliche Seeweg nach Japan sein könne. Schon die hervorragendsten antiken Quellen hatten diese Strecke zwischen Spanien und Ostasien für sehr viel kürzer genommen, als sie ist. Bei Toscanelli wurde der Raum vollends so verengt, daß Japan etwa auf den Längengrad von San Francisco in Californien geriet, und in den zwischenliegenden Atlantischen Ozean schmuggelte die Karte überdies noch eine rätselhafte Insel „Antiglia" ein, die thatsächlich nicht existierte

Wasserwüste hinübergetrieben: das Gold lockte. Ein Zufall wollte, daß die kühne, im Sinne unserer Kenntnisse sehr vermessene Indienfahrt thatsächlich zur Entdeckung goldreicher Länder führte. Columbus selbst kam nie zur Erkenntnis, daß er ein anderes Land gefunden, als er gesucht: — als sein thatenreiches, doch auch mit den notwendigen Enttäuschungen des unfruchtbaren Ehrgeizes und der rohen Goldfreude bis zur Neige erfülltes Leben zu Ende ging, wähnte er noch immer, in seiner besten Stunde, da das Licht der ersten Insel (Guanahani) sterngleich ihm aus der Nacht getaucht, die Ostlande Asiens berührt zu haben. Und nicht an ihn, sondern an einen friedlichen Geographen der Zeit, Amerigo Vespucci, knüpfte der Ruf — ungerecht immerhin — den Namen des neuen Erdteils, als man seine wahre Natur zu erkennen begann. In der ganzen folgenden spanischen Eroberungsepoche bleibt die Jagd nach dem Golde Leitstern der eigentlichen großen Unternehmungen, bleibt der Satz unseres kühl abwägenden Geographen Peschel zu Recht bestehen, „daß die örtliche Verbreitung der edeln Metalle die Besiedelung des spanischen Amerika und den Gang der Entdeckungen beherrscht habe." Es ist allgemein bekannt, wie im Gefolge solcher Art von „Entdeckungen" die Besiedelung Amerikas eine erschütternde Tragödie wurde, wie die einzigartigen autochthonen Kulturstaaten in Mexiko und Peru im Laufe weniger Jahrzehnte zermalmt wurden und wie in einem

---

und deren Namen man später notdürftig in dem Worte „Antillen" verewigt hat. Die Karte des Toscanelli begleitete den Columbus auf seiner Fahrt und bestärkte grade in ihren Irrtümern seinen Mut. Strabo's Vermutung über unbekannte Weltteile auf der andern Erdseite kannte er dagegen nicht, und ebenso wenig ist etwas davon überliefert, daß ihm Kunde geworden wäre von der alten normännischen Entdeckung und Besiedelung der Küste von Nordamerika, — allerdings ein um so merkwürdigerer Zufall, wenn man die (stark angezweifelte) Behauptung aufrecht erhalten will, er selbst sei 1477 auf Island gewesen, wo man ganz sicher noch von „Weinland" wußte. Die Kette der Zufälle pflegt eben in solchen Zeiten der Aufrüttelung aller Verhältnisse negativ wie positiv eine unerschöpfliche zu sein, weil jedes kleinste Ereignis folgenschwer ohnegleichen werden kann. Hätte Columbus auf seiner ersten Fahrt nicht am 7. Oktober 1492 auf sehr geringfügige Veranlassung hin (ein Flug Papageien, der Land im Südwesten vermuten ließ, soll den Kern dazu gebildet haben) seinen Kurs geändert, so wären seine Schiffe, vom Golfstrom erfaßt, nach Florida oder vielleicht weiter nördlich bis nach Virginien geführt worden, und, falls nicht, wie Peschel meint, doch die Goldgier unaufhaltsam wieder nach Mittelamerika zurückgetrieben hätte, wäre so Nordamerika zunächst von Spaniern besetzt worden, statt daß später die germanische Rasse hier Fuß faßte. Wäre aber selbst des Columbus ganze Flotte damals zu Grunde gegangen, so würde sehr kurze Zeit später, am 21. April 1500, von dem Portugiesen Cabral Südamerika „zwangsweise" entdeckt worden sein, der auf der Fahrt nach dem Kap der guten Hoffnung unmerklich in den Äquatorialstrom geriet und sich plötzlich im Angesicht der Küste von Brasilien befand. Alle diese Mißverständnisse, Zufälle und Möglichkeiten beweisen indessen nichts gegen den Satz, daß die That des Columbus, insofern sie sich auf die Kugelgestalt der Erde und die Karte Toscanelli's stützte, das wirkliche Produkt wissenschaftlichen Denkens war.

blutdampfenden Gemisch von Grauen und barbarischer Romantik um eines Haufens Goldes willen unschätzbare Herrlichkeiten für den Kulturforscher zu Grunde gingen.*)



Amerigo Vespucci.

Amerigo machte zwischen 1499 und 1504 auf portugiesischen Schiffen mehrere Reisen nach Südamerika mit. Seine Schilderungen der neuen Küsten fanden weite Verbreitung und führten zu dem eigentümlichen Verhängnis, daß auf gangbaren Karten das ganze neuentdeckte Land im Westen als Americi oder America terra (Land des Amerigo) bezeichnet wurde, woraus unser Wort Amerika sich entwickelt hat. So ist der Erdteil, dessen Entdeckung auf einem kartographischen Mißverständnis beruhte, durch einen zweiten Irrtum unwissender Kartenzeichner mit einem vollkommen sinnlosen Namen beglückt worden. Alexander von Humboldt hat zuerst die Ansicht mit Nachdruck vertreten, daß Amerigo selbst völlig von dem Verdacht frei zu sprechen sei, als habe er eigenmächtig seinen Namen an die Stelle des allein berechtigten des Columbus geschmuggelt. Amerigo glaubte nach Humboldt ebenso gut wie Columbus, **lediglich die asiatische Küste in dem neuen Lande vor sich zu sehen.**

*) Der Zauber der mexikanischen und peruanischen Kultur steckte in ihrer Unabhängigkeit von altweltlichen Einflüssen. Aus unbekannter Wurzel war sie

Und doch und trotz alledem hat aus dieser Goldfahrt des Columbus die Entwickelung der echt **wissenschaftlichen Weltanschauung** eine solche Kraft gesogen, daß man auch in ihr mit der **Entdeckung Amerikas** eine neue, und zwar die **bedeutsamste Periode beginnen darf.**



Der große mexikanische Kalenderstein.

verhältnismäßig jäh emporgeblüht, um ein noch viel jäheres Ende zu finden. Wie mit jeder Kultur, so waren auch mit dieser vielversprechende Anfänge wissenschaftlicher Bethätigung verknüpft. Der nach einer Photographie abgebildete mexikanische „Kalenderstein“, ein riesiger Block aus Porphyr, der Jahrhunderte lang in eine Seitenwand der Kathedrale von Mexiko eingemauert war, mag an die selbständigen Keime mittelamerikanischer Astronomie erinnern. Ursprünglich wahrscheinlich eine kolossale Sonnenuhr, zeigt er in der Mitte das Bild der Sonne selbst, umgeben von seltsamen Zeichen, die (nach allerdings bestrittener Vermutung) alle religiösen Festtage des Aztekenvolkes andeuten.

Die Lösung des Rätsels liegt in der ungeheuren, für die Menschheit ganz einzigen Fülle der neuen naturwissenschaftlichen Beobachtungen, die jene Fahrt erschloß.

„Nicht eine Erdhälfte“ sagt Humboldt, „sondern fast ²/₃ der Erdkugel waren damals noch eine neue und unerforschte Welt: ungesehen wie die eine abgewandte Mondhälfte, welche nach den waltenden Gravitationsgesetzen dem Blick der Erdbewohner für immer entzogen bleibt.“ Nun stieg Insel um Insel aus dem Meer, zuletzt die gigantischen Kontinente selbst, durch schmale Landbrücke nur verknüpft, mit schneebedeckten Alpenketten, mit Strömen, wasserreicher als der Nil, mit donnernden Vulkanen, mit einer märchenhaft neuen Tier- und Pflanzenwelt. Von dieser Welt hatte die Bibel nichts berichtet. Das gefeierte klassische Altertum hatte sie kaum geahnt. Gleich die erste Fahrt wies Wunder über Wunder. Ein neuer Sternenhimmel that sich auf, mit dem strahlenden Kreuz, mit den großen Nebelflecken des Südpols. Mit zweifelnder Scheu gewahrte Columbus am 13. September 1492 (also auf der ersten Fahrt) zum erstenmal, wie die horizontale Ablenkung der Magnetnadel (Deklination) an bestimmter Stelle mitten im Atlantischen Meer aus einer nach Nordosten gerichteten sich in eine nordwestliche verwandelte, — wieder einer der großen Gedenkmomente in der Geschichte des Magnetismus und mit dieser in der Entwickelung des wahren Erdbildes im Menschengeist. Wenige Jahrzehnte später — und die Expedition des Fernaõ de Magalhaẽs (Magelhan) leistete der immer erstaunter den fernen Märchenthaten lauschenden Welt das Kunststück, den runden Erdball ganz zu umsegeln.

Kein Wunder, daß — wenn auch weniger draußen im Wirbel der Entdeckungen selbst, so doch daheim in der stillen Gelehrtenstube — die Dinge ins Treiben gerieten. Hier fragte man nicht nach den Goldsonnen und Edelsteinketten des eroberten Mexiko: hier erwogen scharfe Köpfe, was sich aus alle dem herausdestilliere für einen Wandel der Weltanschauung. Die Bibel und Ptolemäus, die beiden Lehrmeister aus dem grauesten und aus dem hellen Altertum, sanken beide zugleich im Wert. Der Mut aber wuchs zu einer summarischen Erneuerung aller Spekulationen über das Weltbild, — ein glücklicher Ketzergeist regte sich.

In Verbitterung und vielfach selbstverschuldetem Unfrieden erlosch eben die stürmische Lebensflamme des kühnen Entdeckers von Amerika (1506), als zu Krakau der nachmalige Domherr von Frauenburg, Nikolaus Kopernik oder Köppernigk (latinisiert Kopernikus, geb. 19. Februar 1473 in Thorn, gest. 24. Mai 1543 in Frauenburg), sein großes Werk „De revolutionibus orbium coelestium“ („Von den Bewegungen der Himmelskörper“) zu schreiben begann. So stürmisch, so im wahren Sinne „revolutionär“, wie seine Lehre von der Bewegung der Erde war, so friedlich steht die Gestalt des Mannes inmitten aller Wirren der Zeit. Während die

Welt erzitterte unter dem Posaunenruf der Thesen Martin Luthers wider das Papsttum, ruhte die gewaltigste These der ganzen Reformationsepoche — sie, die nicht bloß Rom, sondern die Weltanschauung von Jahrtausenden aus den Angeln zu heben bestimmt war — dreiunddreißig Jahre unveröffentlicht in den Papieren des bescheidenen Astronomen, dem jeder weltliche Ruhm gleichgiltig war. Er starb, als das Werk seines Lebens eben gedruckt wurde. Nicht Feigheit hatte ihn so lange zurückgehalten. Immer aufs neue hatte er daran gefeilt, bis der Tod ihm die Feder hemmte, — ein „Mann des höchsten Geistes", sagt Kepler und fügt bei „und was noch besonders ruhmeswert, ein freier Geist."

Handschrift des Kopernikus.

(Ein Stück aus der im Druck 1543 von dem Herausgeber fortgelassenen Einleitung zu dem Buche: „De revolutionibus." Nach Leopold Prowe's Biographie des Kopernikus.)

Es thut der genialen Leistung des Entdeckers keinen Eintrag, daß ihm vereinzelte Äußerungen des klassischen Altertums über die Möglichkeit einer Bewegung der Erde bekannt und vertraut waren. Nicht auf eine — sei es auch selbständige — Wiederholung des alten geistvollen Aperçus von der „Möglichkeit" kam es an, sondern auf einen exakten Versuch, die vorhandenen reichen Beobachtungen sämtlich in das heliocentrische (die Sonne als Centrum setzende) System lückenlos und zwanglos einzuordnen. Welche Schwierigkeiten hier zu überwinden waren, zeigen fast mehr noch als die wirklichen Fortschritte bei Kopernikus seine Irrtümer. Eine dreifache Bewegung der Himmelskörper lehrte zunächst sein großes Buch. 1. Eine jährliche Bewegung der Erde um die Sonne von West nach Ost. 2. Eine entsprechende Bewegung sämtlicher Planeten um die Sonne. 3. Eine tägliche Bewegung der Erde um ihre Axe von West nach Ost. Diese drei Bewegungen entsprachen der Wirklichkeit. Sie säuberten das System von der Mehrzahl jener verwickelten Planeten-Epicyklen des Ptolemäus und sie machten alle Spekulationen über einen erträumten Umschwung des Fixsternhimmels samt Sonne und Planeten in je vierundzwanzig Stunden voll-

kommen überflüssig. Aber noch ahnte Kopernikus nichts von der Ellipsen-Form der Planetenbahnen. Und der Versuch, alles auf vollkommene Kreise zurückzuführen, drängte ihn im einzelnen — teilweise wenigstens — in das Wirrsal der Anschauungen der Hipparch und Ptolemäus zurück. Die Epicyklen konnte auch er noch nicht ganz missen. Ebenso unfähig, den Gedanken einer völlig frei dahinschwebenden Kugel zu fassen, hielt er fest an der vom Altertum überkommenen Lehre von festen Kreisen oder Sphären, auf denen die Himmelskörper sich bewegten. „Wie sehr Kopernikus“ sagt M. Wilhelm Meyer „noch in dieser uralten Ansicht von umschwingenden Kreisen oder Sphären befangen war, geht aus der Schwierigkeit hervor, welche ihm die sich im Raume immer gleich bleibende Lage der Erdaxe verursachte. Solange die Erde noch im Centrum des Weltalls festlag, konnte selbst wenn man sich dieselbe um eine Axe gedreht dachte, die feste Lage dieser Axe in Bezug auf die Fixsterne durchaus nicht auffallen. Anders wurde es aber, sobald man die Erde im Kreise um die Sonne führte. Nehmen wir z. B. für die Erdbahn einmal zur näheren Anschauung ein Wagenrad und befestigen darauf einen kleinen Erdglobus derart mit Hilfe seiner Axe, daß diese letztere gegen die Ebene des Rades eine gewisse beliebige Neigung hat, etwa so, daß sich der Globus etwas nach innen zum Centrum des Rades hinneigt. Lassen wir nun das Rad mit dem befestigten Globus eine halbe Umdrehung machen, so wird der Globus immer noch nach innen gegen das Centrum geneigt sein. So hätte es sich mit der Erde nach der Ansicht des Kopernikus verhalten müssen, damit die Erscheinung ohne besondere Erklärungsursache begreiflich sein sollte. In Wahrheit zeigt aber das Spiel des Jahreszeiten-Wechsels auf das unzweifelhafteste, daß es sich ganz anders verhält. Wenn nämlich in einer bestimmten Lage die Neigung des oberen Endes der Erdaxe in unserem Beispiel nach innen stattfindet, so muß sie, um den wirklichen Verhältnissen zu entsprechen, nach einer halben Umdrehung nach außen geneigt sein, d. h. ihre Lage muß sich stets parallel bleiben. In unserem beschriebenen Mechanismus könnten wir das nur erzeugen, wenn wir die Erdaxe an dem Wagenrade nur insoweit befestigen würden, daß sie zwar den Globus festhalten, sich selbst aber frei bewegen kann. Dann müßten wir noch eine geheimnisvolle Kraft einführen, welche die Axe in der einmal eingenommenen Richtung unab-

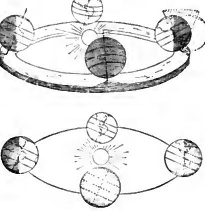
NICOLAI CO
PERNICI TORINENSIS
DE REVOLVTIONIBVS ORBI-
um coelestium, Libri VI.

Habes in hoc opere iam recens nato, & aedito, studiose lector, Motus stellarum, tam fixarum, quam erraticarum, cum ex ueteribus, tum etiam ex recentibus obseruationibus restitutos: & nouis insuper ac admirabilibus hypothesibus ornatos. Habes etiam Tabulas expeditissimas, ex quibus eosdem ad quoduis tempus quam facillime calculare poteris. Igitur eme, lege, fruere.

Norimbergae apud Ioh. Petreium.
Anno M. D. XLIII.

Titelblatt aus der ersten Ausgabe des Buches „De revolutionibus“ des Kopernikus.
(Photographisch nachgebildet nach dem auf der Kgl. Sternwarte zu Berlin aufbewahrten Exemplar.)

hängig vom Rade festhält.“ — Kopernikus war in der That der Meinung, daß eine besondere Axenbewegung dieser Art als vierte Klasse von Bewegungen der Himmelskörper den Rechnungen einzufügen sei — ein schwerer Irrtum, gegen den sich bereits Galilei verwahrte und der sich uns heute nur mehr mit einer nicht ganz leichten Gedankenanspannung klarlegen läßt. Die Beweise, die Kopernikus im einzelnen für sein System vorzutragen wußte, waren — von unserm Standpunkt gesehen — im wesentlichen überhaupt nur Wahrscheinlichkeitsgründe. Seine Überzeugung von der Wahrheit des Ganzen blieb trotzdem eine felsenfeste, und erst eine anonyme, von fremder Hand eingeschmuggelte Vorrede zu dem gedruckten Buche, an der der sterbende Meister selbst keinen Teil mehr hat, versteckte mit Rücksicht auf die Kirche das Gefährliche der mutvollen Geistesthat hinter der Ausflucht, daß es sich bloß um eine mehr spielende, als beweiskräftige Hypothese handle.*)



Ein Irrtum des Kopernikus.
(Vergl. Text S. 128.)

Rasch, wie diese Zeit lebte, sollte es nicht lange dauern, und die Wahrscheinlichkeit hatte sich unter dem Andrang zwingender Beweise thatsächlich in das verwandelt, was Kopernikus schon prophetisch in ihr gesehen. Denn einzigartig, wie ihre Leistung, war das weltgeschichtliche Schicksal der kopernikanischen Ideen.

Ein schwer verständliches Gelehrtenwerk, der Nachlaß eines Toten zudem, den fremde Hand ziemlich sorglos weitergab, und hinausgeworfen in die Welt fast im Moment grade, da Papsttum und Reformation auseinanderprallten und zwischen der Bibel und den Schlüsseln Petri weniger als je Raum zu bleiben schien für ein Drittes selbständiger Wissenschaft, — hätte dem Buche von den „Bewegungen“ wohl das Los beschieden werden können der naturwissenschaftlichen Ideen des gewaltigen Meisters Leonardo da Vinci (1452—1519), die, in Handschriften begraben, ohne jeden Einfluß

*) Das Buch wurde 1543, im Todesjahre des Verfassers, in Nürnberg gedruckt. Kopernikus hatte es bloß „De revolutionibus“ betitelt. Der Herausgeber, der lutherische Prediger Osiander, fügte das „orbium coelestium“ dem Titel bei, ließ Kopernikus' echte Vorrede fort und setzte eine eigene, sehr zahme willkürlich an ihre Stelle.

geblieben waren auf die Naturauffassung der Zeit.*) Das Buch selbst hatte noch unbefangen eine Widmung an den Papst Paul den Dritten enthalten. Aber daß ein Frieden an dieser Stelle nicht zu erwarten stand, lag auf der Hand. Formell für ketzerisch erklärt wurde die Lehre 1616 (bei Gelegenheit des noch zu erwähnenden Streites mit Galilei), — ein Verbot, das erst 1821 von seiten des päpstlichen Stuhles aufgehoben worden ist! Wenig über fünfzig Jahre nach Veröffentlichung des kopernikanischen Hauptwerks, am 17. Februar 1600, schlugen auf dem Campo di Fiore zu Rom die Flammen des Scheiterhaufens über dem geistvollen Philosophen Giordano Bruno zusammen, zu dessen todwürdigen Sünden auch die gehört halte, daß er — für Kopernikus eingetreten war. Ein schönes Denkmal ziert heute die allerdings denkwürdige Stelle! Martin Luther auf der andern Seite faßte (obwohl Melanchthon ein warmes Interesse wenigstens für die Person des Kopernikus bewiesen) sein Urteil in die drastischen Worte zusammen: „Der Narr will die ganze Kunst Astronomia umkehren, aber die heilige Schrift sagt aus, daß Josuah die Sonne still stehen hieß und nicht die Erde" und die reformierte Kirche wandte sich zu Ende des 16. Jahrhunderts mit aller Schärfe gegen Kopernikus.

Aber selbst aus den Kreisen kompetenter Wissenschaft heraus regte sich eine gewichtige Gegenströmung, die dem jungen Geistesschößling hätte verderblich werden können. Im letzten Viertel von 1500 hauste auf einsamer Insel im Sund, Hveen, zwischen Seeland und Schonen, umgeben und gestützt von einem Stabe trefflicher Gehilfen, ein gewaltiger Mann: der

*) Leonardo, der Meister des „Abendmahls", ist auf physikalischem und geologischem Gebiet (hier besonders in scharfer Erfassung der früheren Veränderungen der Erdoberfläche und erster Kenntnis vom Wesen versteinerter Tier- und Pflanzenreste) eine phänomenale Erscheinung, die Jahrhunderten vorauseilte. Aber er wirkte, wie Humboldt sagt, „bei seinem Leben durch die großen Werke der Malerei, welche er schuf, und durch seine begeisterte Rede: nicht durch Schriften. Wären die physischen Ansichten des Leonardo da Vinci nicht in seinen Manuskripten vergraben geblieben, so würde das Feld der Beobachtung, welches die neue Welt darbot, schon vor der großen Epoche von Galilei, Pascal und Huygens in vielen Teilen wissenschaftlich bearbeitet worden sein. Wie Francis Bacon und ein volles Jahrhundert vor diesem, hielt er die **Induktion** für die einzige sichere Methode in der Naturwissenschaft." (Kosmos II 324.) Fügt man hinzu, daß auch auf künstlerischem Gebiet die Lebensarbeit Leonardo's in einer ungewöhnlichen Zufallsfügung zum größern Teil vernichtet worden ist (sein Riesenmodell der Reiterstatue Francesco Sforza's zerstörten 1499 französische Armbrustschützen; sein herrlicher Carton der Schlacht bei Anghiari ging ebenfalls in den Wirren der Zeit zu Grunde; das Mailänder Abendmahl ist erst durch Unachtsamkeit, dann durch ungeeignete Wiederherstellungsversuche fast zum Schatten verdorben!), so darf man sein Schicksal wohl als eines der tragischsten in der Geschichte der Kultur bezeichnen und daran erinnern als an die Kehrseite menschlich persönlichen Strebens bei Erwähnung des sieghaften Glückssterns, der über der That des Kopernikus geleuchtet hat.



Denkmal des Naturphilosophen Giordano Bruno in Rom.

Es wurde 1889 von der römischen Gemeindeverwaltung auf der Stätte errichtet, wo am 17. Februar 1600 Bruno wegen ketzerischer Ansichten verbrannt worden war. Die Aufschrift nennt als Stifter „das Jahrhundert, das er vorausgesehen."

trotzige Däne **Tycho Brahe**, dessen charakteristische Gestalt sich ebenso scharf aus dem Treiben der damaligen Welt hebt, wie die Frucht seines unermüdlichen Beobachterfleißes herausglänzt aus der Ruhmesleistung astronomischer Wissenschaft. Friedrich II. von Dänemark, angeregt von dem selbst — und mit Glück — für astronomische Forschung thätigen Landgrafen Wilhelm IV. von Hessen, hatte Tycho die ganze Insel auf Lebenszeit geschenkt und mit verschwenderischer Pracht zu einem einzig dastehenden Asyl freier Himmelsforschung umschaffen helfen. Tycho, unbestritten der Meister der Astronomie in seiner Zeit (1546—1601), schätzte den Kopernikus gebührend hoch. Aber er war ein zäher Praktiker, ein Rechner: die Spekulation interessierte ihn nur insoweit, als sie ihm die Rechnung erleichterte. Wie Hipparch einst zu der ruhenden Erde zurückgekehrt, weil ihm auch so die Rechnung zu stimmen schien, so glaubte Tycho des wichtigsten Teiles grade in des Kopernikus System nicht zu bedürfen: er ließ bloß die Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn um die Sonne laufen, führte aber dann die Sonne mit allen diesen um die ruhende Erde als Mittelpunkt. Das System Tycho's war ein echtes Kompromiß-System zwischen Alt und Neu. Aber grade solche Halbheiten sind wiederholt zu allergefährlichsten Hemmnissen des Ganzen geworden.



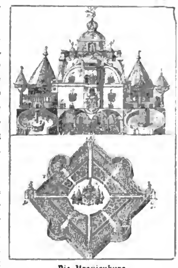
Tycho Brahe.

Umsonst war in diesem Falle alles Mühen der autoritären wie der ehrlich wissenschaftlichen Gegnerschaft!

Ein ungeahntes technisches Hilfsmittel — die Erfindung des **Fernrohrs** — durchschlug jählings eine räumliche Schranke, die von den ersten Tagen der Astronomie im alten Babylon an bis auf diese Zeit die ganze eine Hälfte dessen, was wir heute unter Himmelskunde verstehen, unerbittlich verschlossen gehalten hatte. Bis dahin hatte man mit dem Gehirn und mit dem einfachen menschlichen Auge den Bau der Sternenwelt erforscht. Jetzt trat ein neues, ein unvergleichlich weiter tragendes drittes Organ

hinzu. Und der Moment der Erfindung war fast genau auch der Moment seiner Ausnutzung für den kopernikanischen Gedanken. Zwei Männer stellte die Zeit gleichzeitig auf den Plan, beide umwittert vom Schauer des Erhabenen, das jenes Weltbild des Kopernikus umschloß, und im Dienste seiner Idee, — beides Männer, die das Erbe seines Genies vereinigten mit der Beobachtergröße Tycho's: Kepler und Galilei. Geläutert ging aus ihrer prüfenden Hand das Gold des Meisters hervor, — fortan selbst keinem Laienauge mehr verwechselbar mit irgend einem andern, minderwertigen Metall.

Über Galilei's Leben gleitet noch das Abendrot der großen italienischen Renaissance. Venedig (Padua), später Florenz bieten ihm einflußreiche, welt bekannte Lehrstühle, er steigt auf zu höchstem äußeren Glanz, eine stolze, fast übermütige Titanennatur, im Bewußtsein eigener Riesenkraft ein unerbittlicher Richter des Verkehrten und zugleich doch ein geschworener Feind jeglicher Autorität. Dann allerdings sinkt auf seine Bahn der düstere Schatten päpstlicher Verfolgung. Aber auch jetzt, im furchtbaren Ende, bleibt dem Ganzen die Wucht einer Tragödie großen Stils. Kepler ist daneben der arme umgetriebene Hofgelehrte im Wirrsal der deutschen Religionskriege, in materieller Not durch ein freudloses Leben gehetzt, zwar von den Klauen der römischen Inquisition verschont, aber dafür im nackten Existenzkampfe an das Unterste und Ekelste der Zeit gefesselt, ein



Die Uranienburg,
Tycho Brahe's Sternwarte auf der Insel Hveen im Sund von 1576—1597.

Prometheus ohne den Reiz grandioser Sage und nur mit dem einen Ruhm, in allem kleinlichen Ungemach ein anspruchsloser und liebenswürdiger Mensch zu sein, dessen Geistesauge sich selbst eine Welt schuf, freier und herrlicher als alles, was ein glücklicher Stern auf Erden ihm hätte verheißen können. Dabei sind beide Männer durch Freundschaft verknüpft, und aus beiden strahlt das hellste Licht der sich mühsam befreienden naturwissenschaftlichen Weltanschauung, bei Galilei abgeklärter, marmorglatter gleichsam, bei Kepler flackernd, wechselvoll, mit phantastischen Zügen hier und da, aber darum fast noch mehr mit dem Zeichen des Genialen, der Intuition.

Galileo Galilei (1564—1642) ist sieben Jahre älter als Kepler. Er überlebt ihn noch um zwölf Jahre. Die Höhe seines Lebens fällt in

den Beginn von 1600, also hundert Jahre nach Columbus und etwa ebenso viele nach der ersten Conception der Erdbewegung durch den jungen Kopernikus. Sein Bildungsgang läuft der Zeit nach (bei gleichem Geburtsjahr!) parallel dem von William Shakespeare. Der Reichtum der Zeit, wie die sich jagende Folge der Ereignisse sprechen in solchen Zahlen!

1592 wird Galilei Professor der Mathematik an der venetianischen Universität Padua. Er bringt mit, vervollständigt und verkündet — eine



Galileo Galilei.

Fundamentalthat der Physik — die Fallgesetze (das heißt die gesetzmäßig wiederkehrenden Erscheinungen, die sich in der Geschwindigkeit und der Beschleunigung dieser Geschwindigkeit beim freien Fall eines Steines auf die Erde dem denkenden und nachrechnenden Beobachter ergeben) und er schreitet auch sonst als Pfadfinder auf physikalischem Gebiet von Triumph zu Triumph. Da, um 1609, gelangt aus Holland die Nachricht nach Venedig, daß durch Vereinigung zweier in bestimmter Weise geschliffener Gläser in einer Röhre unerwartete Vergrößerungen und Verdeutlichungen entfernter Gegenstände ermöglicht würden. Das

Fernrohr war erfunden worden. Wo und von wem zuerst, wird wohl nie ganz sicher ergründet werden. Gegen Ende von 1200 sind in Italien bereits Brillen (also einfache geschliffene Vergrößerungsgläser) vorhanden gewesen. 1590 stellte wahrscheinlich Zacharias Jansen, ein Brillenmacher zu Middelburg, durch das einfache Prinzip des geeigneten Voreinanderschiebens mehrerer geschliffener Gläser das erste zusammengesetzte Mikroskop her. Nach gangbarer Tradition ging aus den Händen desselben Mannes auch wenig später das erste Fernrohr hervor. Nach anderen ist hier der Erfinder ein zweiter Middelburger Brillenschleifer,



Zacharias Jansen,
der mutmaßliche Erfinder des zusammengesetzten Mikroskops (um 1590).

Hans Lippershey, dem um 1608 der große Wurf geglückt sein soll. So bedeutsam das Ereignis an sich ist, so wenig kommt es auf den Namen des ersten Finders an. Nachdem die Brille, die Lupe einmal da war, mußte der geringste Zufall mit Notwendigkeit auf die Verwertung mehrerer Gläser führen. Galilei selbst hat den Ruhm für sich in Anspruch genommen, auf die bloße Anregung hin, die ihm das Gerücht und ein Brief gegeben, ein Fernrohr sofort eigenhändig konstruiert zu haben. Und sicher ist, daß 1609 in seinen Händen ein selbstverfertigtes Instrument war, das die holländischen Apparate an Brauchbarkeit übertraf. Es war nicht das Ideal eines Fernrohrs in dem Sinne, wie wir heute das Wort anwenden. Unser eigentliches astronomisches Fernrohr, das im Gegensatz zu dem

aus einem erhaben geschliffenen Objektivglas und einem hohlen Okularglas zusammengesetzten Instrumente Galilei's durch zwei erhabene Gläser seine starken Vergrößerungen (allerdings mit auf dem Kopfe stehendem Bilde) erzeugt, wurde zwei Jahre später von Kepler zuerst theoretisch vorgeschlagen; 1613 ist es dann von Scheiner ausgeführt und in der Folge bis zur heutigen Vollendung durchgebildet worden. Was dem Fernrohr Galilei's aber seinen weltgeschichtlichen Reiz verleiht, ist, daß wahrscheinlich er es zum erstenmale auf die Gestirne des Himmels richtete. Sehnend hatte an diesen das Auge von so viel Jahrtausenden gehangen.



Hans Lippershey.
(Soll um 1608 das Fernrohr erfunden haben.)

Volk um Volk, von den Zeiten des Cheops und der sumerisch-akkadischen Kultur im Euphratthal bis auf die großen Tage des Museums von Alexandria und wiederum bis auf die Übermenschen der italischen Renaissance, war hingeschwunden, ohne den Vorhang, den die beschränkte Sehkraft des Auges zog, dort oben selbst zu durchbrechen. Die Kreise des Mathematikers hatten sich geordnet, die Ziffern der Rechnung begannen allmählich eine wirkliche Stimme zu bekommen und zu predigen vom Bau der Welt. Aber die Sterne selbst blieben fern. Der rote Mars, dem Tycho's Ausdauer ein Menschenalter lang gegolten und der eben grade Kepler durch seine seltsamen Bahnenverhältnisse schrittweise auf die höchste Ideenerweiterung nach Kopernikus, auf die Idee der Ellipse als Planeten-

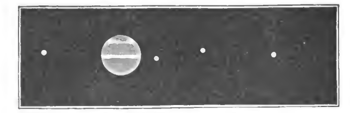
bahn, trieb, — er blieb ein Pünktchen im Firmament, das sich kaum durch die Farbe von den anderen Planeten schied. Und da nun eine erste Nacht: Galilei auf seiner Sternwarte, das neue raumverengende Instrument in seiner Hand . . . . und der Schleier reißt! Plutarch hatte es geahnt:



Mondlandschaft mit Schatten werfenden Gebirgen.
(Nach Nasmyth & Carpenter, The Moon, Plate XIV.)
Rechts die große Wallebene Plato, deren zackiger Rand besonders scharfe Schatten ins Innere wirft.
Galilei erkannte 1609 zum erstenmal mit seinem neu erfundenen Fernrohr, daß es solche Gebilde auf dem Monde gebe.

nun mit einem Blick war es Wahrheit . . . . der Mond trug Berge, die Schatten warfen. Galilei machte sich daran, ihre mutmaßliche Höhe festzustellen, und er verglich einige kreisrunde, von Gebirgsbögen rings umrahmte Ebenen mit der irdischen Gestaltung von Böhmen, — ein Vergleich, der in der Folge gern wiederholt worden ist. Was Demokrit von der Milchstraße geweissagt, erfüllte sich: sie begann sich aufzulösen in das Licht

zahllos gedrängter Einzelsterne. Das Sternbild der Plejaden, seit alters ein schönes Wahrzeichen des Himmels, das schon den Helden Homers vorgeleuchtet, gliederte sich auf einmal aus sechs bis sieben in vierzig verschiedene Sterne — es sind in der Folge fast fünfhundert daraus geworden! Die gewaltigsten, wirklich bahnbrechenden Entdeckungen aber ergaben sich, als das Fernglas nach und nach, im Laufe der nächsten Jahre, die Planeten zu durchforschen begann. Mit klopfendem Herzen, fast zaghaft unter dem Schauer, daß das grade jetzt kam, gewahrte das wachsende Häuflein von Anhängern des Kopernikus vier winzige Lichtpünktchen, die sich um die weiße Lichtscheibe des Planeten Jupiter bewegten. An mehreren Stellen sind die vier Monde wahrscheinlich gleichzeitig und wohl sicher unabhängig gesehen worden, darunter auch von Galilei, der die Entdeckung jedenfalls

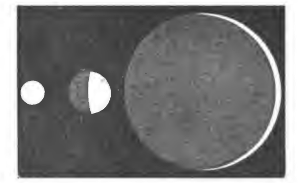


Der Planet Jupiter mit seinen vier Monden.

Die Entdeckung der Monde (durch Galilei und Marius fast gleichzeitig um 1609 und 1610) war eine der ersten und glücklichsten Errungenschaften, die dem neu erfundenen Fernrohre verdankt wurden.

am intensivsten verfolgt hat. Wo immer aber ein denkender Kopf die Thatsache faßte, drängte sich Eines gebieterisch auf: in dieser Welt des Jupiter hatte man zum erstenmal unzweideutig vor sich, was Kopernikus gewollt: ein „System,“ — Trabanten, die sich frei um einen Hauptkörper bewegten, der selbst wieder in schwindelndem Wirbelsturm um einen größeren Zentralherrscher lief. Die Analogie zu Erde und Mond wie zu Sonne und Planeten war eine unzweideutige. Und rasch fügte sich der einen Bestätigung für Kopernikus, die man nicht erwartet, die sich aber freiwillig gegeben, eine zweite bei, die allerdings noch merkwürdiger war. Wenn das System des Kopernikus recht hatte, so mußte, seiner Stellung, Bewegung und Beleuchtung entsprechend, der Planet Venus Phasen zeigen, ähnlich wie der Mond, — von einer Sichel anschwellen zur voll erhellten Scheibe und umgekehrt. Gesehen hatte das (ebenso wenig wie bei Merkur, auf den dasselbe Gesetz Anwendung fand) noch kein sterbliches Auge. Im Fernrohr Galilei's aber erschien im Dezember 1610 mit vollkommener Deutlichkeit die Sichelgestalt. Diese Sichel strahlte, infolge der gleichzeitigen Erdnähe des Planeten, allerdings ein so intensives Licht aus, daß es bei der Kleinheit

des ganzen Objekts für das bloße Auge dem unbewaffneten Blick unmöglich gewesen wäre, je auf die Vermutung einer jetzt gerade vorhandenen Sichelphase zu kommen. Andererseits wäre das kopernikanische System bedenklich bedroht gewesen, hätte Venus in jener Nacht dem Galilei keine Sichelform gezeigt. So war hier mehr als eine Bestätigung, — es war eine fundamental bedeutsame Stichprobe gelungen, wie sie von schärfster Skepsis besser nicht hätte erfunden werden können. Das System des Ptolemäus zerbrach, — keine Rettung war mehr möglich. Am Himmel selbst standen die Textillustrationen zur Schrift des Kopernikus, und wer immer ein Fernrohr besaß, durfte in dem neuen Prachtbande blättern und



Phasen des Planeten Venus.
Die Größenverhältnisse entsprechen der scheinbaren Größe in stärkster, mittlerer und geringster Erdnähe. Die Sichelform (rechts) wurde von Galilei 1610 zum erstenmal erkannt.

neue Seiten aufschlagen, die Kopernikus selbst fast alle bereits im Geiste gesehen. An die Phasen der Venus schlossen sich alsbald die des Merkur. Auf der Sonne gewahrte man dunkle Flecken und schloß aus ihrer Wiederkehr auf eine Umdrehung des Feuerballs um seine Axe. Konstante Streifen und Flecken auf Mars und Jupiter führten sehr bald schon auch dort zu gleichem Resultat: wenn sie wiederkehrten, hatte die Kugel sich gewendet. Allerdings wies das Glas auch hier und da ganz Fremdartiges, wenn schon nichts, was Kopernikus direkt betraf. Das Ringsystem des Saturn quälte Galilei jahrelang. Er sah Andeutungen der Ringe, die ihm wie Auswüchse, wie kleine, stützende Kugeln zu beiden Seiten des Planeten erschienen. Dann verlor sich scheinbar das Phänomen, und der Beobachter glaubte sich von einer Sinnestäuschung geneckt. Erst Huyghens lehrte viele Jahre später die staunende Welt, daß man sich hier wirklich an das Wunder eines freischwebenden Ringgebildes gewöhnen müsse. Stand man nun da wirklich vor einem Neuen ohne Analogie, so sollte anderes, im ersten Feuer des

großen Jahrhunderts Entdecktes nachmals erst seine rechte Anwendung finden. Der interessanteste Fall dieser Art ist die (allerdings zeitlich beträchtlich von Galilei schon entfernte) Entdeckung der starken Abplattung des Jupiter an seinen Polen durch Cassini. Als sie erfolgte, wußte man noch nichts von der gleichen Erscheinung bei der Erde, und die himmlische Analogie ist hier buchstäblich der Erkenntnis des irdischen Sachverhalts vorausgeeilt.

Es war aber auch, als wolle der Sternenhimmel sich selbst günstig



Der Planet Saturn mit seinen Ringen,
gezeichnet im November 1852. Galilei gewahrte mit seinem Fernrohr im Jahre 1610 eine Spur des Ringsystems, ohne die Natur desselben zu erkennen. 1655 stellte Huyghens fest, daß es sich wirklich um ein ringartiges, frei den Äquator des Planeten umschwebendes Gebilde handle.

erzeigen und seine Wunder lebhafter leuchten lassen in solcher Zeit gespanntester menschlicher Aufmerksamkeit. Kometen von ungeheurer Schweiflänge gingen gerade jetzt durch den Gesichtskreis der Erde — der erste große nach Erfindung des Fernrohrs 1618, und 1664 und 1680 andere, die den halben Himmel mit Schweifen von über zwanzig Millionen Meilen Länge bedeckten. „Neue" Sterne flammten auf — der größte und seltsamste gerade auf der Wende der Zeit zwischen Kopernikus und Galilei. Tycho, der Zweifler am Kopernikus, gewahrte ihn, als er am Abend des 11. November 1572 aus seinem Laboratorium nach Hause ging, fast im Zenith im Sternbild der Kassiopeja. Sirius und Jupiter überstrahlte sein schneeweißer Lichtglanz. Und er war, so schien ihm, am

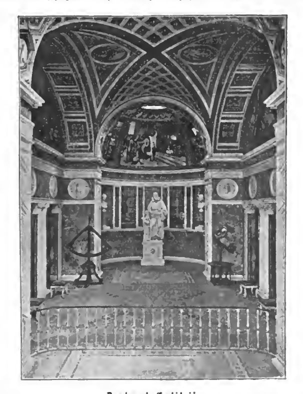
Abend vorher doch noch nicht dagewesen! Der Astronom rief Arbeiter herbei, um sich durch das Urteil schlichter Leute beweisen zu lassen, daß sein Auge nicht an Hallucinationen leide. Aber der Stern strahlte wirklich. Er dämmerte durch Wolken, er erschien endlich scharfem Gesicht selbst bei Tage. Als das Jahr sich aber schloß, ließ die Helle nach, er wurde gelbrot, dunkelte zusehends, stand zuletzt nur noch bleifarbig wie der ferne Saturn am Himmel und verschwand endlich dem unbewaffneten Auge für immer wieder im März 1574. Um 1604, kurz vor Galilei's ersten Fernrohrsiegen, ereignete sich ein ähnliches Ereignis im Sternbild des Schlangenträgers. Zwischen beide Ereignisse aber fällt die erste Beobachtung eines verwandten Phänomens nur von beinahe noch geheimnisvollerer Art. Es handelte sich dabei nicht um einen „neuen", sondern um einen periodisch veränderlichen Stern im Sternbild des Walfisches. „Mira", der „Wunderbare", wurde er in der Folge genannt. Ein schöner, rot leuchtender Fixstern, ging er im Jahre 1596 zwischen August und Oktober dem emsigen Beobachter Fabricius einfach verloren am Himmel, um im folgenden Februar wieder aufzutauchen. Heute weiß man, daß Mira in der That innerhalb einer regelmäßigen Periode von nicht ganz Jahresfrist sich erhellt und verdunkelt und bald als Stern von fast erster, bald als solcher bloß sechster Größe, ja gelegentlich überhaupt nicht mehr erscheint. Wir werden uns noch an einer anderen Stelle dieses Buches mit den Geheimnissen der Mira Ceti (Ceti d. i. im Sternbild des Cetus, des Walfisches) zu beschäftigen haben, — hier mag der Hinweis genügen, wie auch dieses „Wunder" sich in die große Epoche astronomischer Wunder zwischen 1500 und der zweiten Hälfte von 1600 mischen und die allgemeine Idee himmlischer „Beweglichkeit" unterstützen durfte, die Kopernikus so glücklich und so entscheidend angeregt



Tycho's „neuer Stern" vom Jahre 1572.
Er flammte im Winter des Jahres mit blendend weißem, der Venus an Stärke gleich kommendem Glanze im Sternbild der Cassiopeia auf, um im März 1574 für das bloße Auge wieder vollständig zu verschwinden.

Bedenkt man, daß die Zugabe des Fernrohrs zu den großen Ideen auf der Wende des 16. und 17. Jahrhunderts mehr oder minder als ein Zufall zu betrachten ist, der ein überraschend günstiges Moment in die ohnehin emporstrebende Zeit warf, so kann man das Schicksal der Männer, die das bewußt erlebten — vor allem also auch Galilei's — nur als ein

ganz besonders begnadetes bezeichnen. Galilei grade aber sollte auch die Kehrseite bis zum Bittersten kennen lernen. Ohne Hehl hatte er seine Entdeckungen verkündet, war er für die Lehre des Kopernikus eingetreten. Sein Unstern wollte, daß er 1610 sich bereden ließ, von Padua, wo ihn die Venetianer schützten, nach Florenz überzusiedeln. Eine förmliche Panik



Denkmal Galilei's
im Naturhistorischen Museum zu Florenz, an den Seiten seine Lehrkanzel und von ihm benutzte Instrumente. Das Denkmal ist 1841 errichtet worden.

war inzwischen in den frommen Kreisen über den stolzen Freimut des Gelehrten entstanden. Die echten Anhänger Roms begannen instinktiv zu fühlen, daß sich hier eine Reformation anbahne, deren Fernrohr noch bedenklicher sei als der biblische Urtext, den Luther ausgespielt. 1614 trat ein Dominikaner, Caccini, in Florenz öffentlich auf und donnerte im Anschluß an den Text der Apostelgeschichte „Ihr galileischen Männer, was

stehet ihr und sehet gen Himmel" (Apostelgeschichte I, 11.) gegen die Astronomen. Galilei antwortete im Glauben an eine Macht, die er leider in Florenz schon nicht mehr besaß. Caccini und seine Anhänger klagten jetzt beim Papst. Paul V. (dem dritten Paul hatte des Kopernikus schlichter Sinn noch selbst einst das Werk De revolutionibus gewidmet!) forderte das Gutachten einer Kommission. Sie erklärte am 24. Februar 1616, es sei in der That „absurd, philosophisch falsch und förmlich ketzerisch," die Sonne ins Centrum der Welt zu setzen und die Erde bewegen zu wollen, denn es sei „ausdrücklich der heiligen Schrift zuwider". Nunmehr folgte ein offizielles Dekret, das des Kopernikus Werk „zu suspendieren" befahl, „bis es verbessert sei" und alle weitere litterarische Zustimmung dazu streng verbot. Galilei wurde persönlich verwarnt und eine Weile schien der Konflikt äußerlich beigelegt. Es war aber nur die Stille vor dem großen Sturm. Ein neuer Papst bestieg 1623 den Stuhl zu Rom, Urban VIII., den Galilei nach früheren freundschaftlichen Proben für völlig ungefährlich hielt. 1632 erschien ein neues Buch des Gelehrten, ein Dialog über die Systeme des Ptolemäus und Kopernikus. Es hatte durch Vermittelung guter Freunde — allerdings um den Preis einer von fremder Hand entworfenen zahmen Vorrede, ähnlich wie einst das Werk des Kopernikus — die Druckerlaubnis in Rom erhalten. Den Gegnern aber gab es erwünschten Anlaß, um den alten Streit mit neuer Wucht aufzunehmen. Dem Papst wurde der Glaube beigebracht, Galilei habe ihn persönlich in einer einfältigen Figur seines Dialogs lächerlich gemacht. Zugleich rückte man jetzt plötzlich mit einem Dokument heraus, demzufolge Galilei bei Gelegenheit jener früheren Ermahnung sich persönlich verpflichtet haben sollte, die Lehre des Kopernikus aufzugeben und fortan nicht mehr zu lehren. War dieses Dokument echt, so hatte man den Vorwand zu einer formellen Klage auf Wortbruch, die Inquisition trat in Thätigkeit, und Galilei ging, wenn er fest blieb, dem Schicksal Giordano Bruno's entgegen. Galilei hat damals das Dokument für gefälscht erklärt, und es liegt nicht der Schatten eines Beweises dafür vor, daß seine Auffassung unrichtig war. Das Inquisitionstribunal verwarf gleichwohl seinen Protest. Er wurde 1633 nach Rom berufen und „peinlich" verhört. Man hat sich darüber gestritten, ob wirklich die Folter gegen ihn in Anwendung gebracht worden ist oder ob ihm nur damit gedroht worden sei. Entschieden ist die Streitfrage nicht. Galilei war zur Zeit bereits ein kränklicher Greis von nahezu siebenzig Jahren, den man mühsam in einer Sänfte nach Rom gebracht. Der Gedanke an persönliche Folter hat also etwas doppelt Grausiges. Vielleicht ist aber die rein seelische Folter, um die es sich handelte, eine größere Marter gewesen als alle Daumschrauben und körperlichen Qualen. Galilei trug zweifellos das Bewußtsein in sich, daß sein Leben noch unvergleichlich kostbar sei für die Wissenschaft. Er hatte noch viel zu sagen, und er hat auch in

der Folge thatsächlich noch Hervorragendes gesagt. Wahrscheinlich hat er die Schalen in herbem Kampfe abgewogen zwischen dem Märtyrerruhm des zu Asche verbrannten Bekenners und der Pflicht der Selbsterhaltung für eine Wissenschaft, der die stillen Arbeiter im Moment mehr not thaten als die lauten Blutzeugen. Man muß sehr kurzsichtig sein, um nicht zu empfinden, daß es auch einen solchen Konflikt der Pflichten geben kann. Gehandelt hat Galilei, als sei er zu dem Resultat gekommen, es sei besser, abzuschwören und weiter zu forschen, als sich verbrennen zu lassen und sich so den moralischen Ruhm zu wahren. Leicht wird es ihm nicht geworden sein, — wahrscheinlich war es für seinen stolzen Sinn der schwerere Teil des Martyriums, den er wählte! Der 22. Juni 1633 ist das dunkle Datum, da der größte Gelehrte des Landes und neben Kepler der ganzen Zeit im Inquisitionspalast zu Rom niederknieen und mit der Hand auf dem Evangelium die kopernikanische Lehre abschwören mußte. Das Urteil sprach ihn der „Häresie“ verdächtig, weil er eine Lehre geglaubt und festgehalten, „welche falsch und der heiligen und göttlichen Schrift zuwider ist, nämlich: die Sonne sei das Centrum des Erdkreises, und dieselbe gehe nicht von Osten nach Westen, die Erde bewege sich und sei nicht das Centrum der Welt, und es könne diese Meinung für wahrscheinlich gehalten und verteidigt werden, nachdem sie doch als der heiligen Schrift zuwiderlaufend befunden und erklärt worden war.“ Nachdem Galilei diese „Irrtümer und Ketzereien“ abgeschworen, verwünscht und verflucht, wurde er auf unbestimmte Zeit zu Kerkerhaft „begnadigt“, mit der Klausel, daß er in den drei folgenden Jahren „wöchentlich einmal die sieben Bußpsalmen“ sprechen solle. Der Volksmund fügt hier die Legende bei, wie der gequälte Mann nach vollendetem Akt mit dem Fuß aufgestampft habe und in die Worte ausgebrochen sei: „Und sie bewegt sich doch.“ Gedacht hat er sicher ähnlich — aber vielleicht weniger voll Zorn, als mit Vertrauen. Sie bewegte sich doch — auch ohne daß er es fortan öffentlich predigte . . . Galilei hat die Freiheit nicht mehr zurückerlangt. Er blieb unter strenger Überwachung. Geforscht hat er trotzdem unablässig bis zu seinem Ende, soweit es die Beschränkung zuließ. Sein Fernrohr hätte er doch nicht mehr berühren können, denn er erblindete bald nach dem Prozesse vollständig. Als der Tod ihn 1642 abberief, durfte die Leiche des „Verdächtigen“ nicht im Erbbegräbnis der Familie beigesetzt werden. Einen Teil der nachgelassenen Manuskripte rettete sein Schüler Viviani mühsam, indem er sie versteckte. Nach dessen Tod von unkundiger Hand entdeckt, schwebten sie in Gefahr, als Makulatur verkauft zu werden, und wurden nochmals nur durch einen Zufall gerettet. Das ist in kurzen Zügen die Tragödie Galilei's. Eines Kommentars bedarf sie nicht. Manches darin ist geschichtlich dunkel. Aber diese Stellen wollen wenig besagen gegen die geistige Finsternis, die über Galilei's Richtern schwebt. Über sie besteht keinerlei Zweifel mehr. Taktisch

war die Verurteilung zudem selbst für die damalige kirchliche Partei ein ungeheurer Fehler. Denn das Martyrium Galilei's hat ihr mehr Schaden gethan als irgend ein zweites Ereignis im Kampfe der Weltanschauungen. Eine Macht, die sich an Galilei vergriff, so empfand der bessere Teil doch auch schon jener Zeit, hatte, wie immer ihr Standpunkt sein mochte, das große Ziel verloren und lenkte zurück zur Unkultur. Nicht eine Panik, wie man gehofft hatte, ist thatsächlich auf das große Drama von 1633 gefolgt, sondern ein äußerst heilsames Erwachen.

Die entscheidende Wendung im Schicksal des Galilei bahnte sich eben an, als zu Regensburg — im November 1630 — das Leben des Einzigen schloß, der in voller Größe neben ihm steht, — des Johannes Kepler (geb. 1571 in Weil-der-Stadt in Schwaben). Keplers Laufbahn ist ein Roman, spannender, als ihn Dichterphantasie je geschaffen. An dieser Stelle können nur die Züge hervorgehoben werden, in denen sich Individuelles mit der geistigen Erweiterung des Kosmosbildes notwendig verknüpft. Aber auch so schon zeigen sich die markanten Umrißlinien einer ungewöhnlich anziehenden Persönlichkeit. Während man bei Galilei von Beginn an in seiner Thätigkeit eine gesunde Freude am rein Thatsächlichen, am Anschauen ungetrübter Wirklichkeit der Dinge zu gewahren glaubt, geht Kepler aus von durch und durch mystischen Spekulationen. Um so gewaltiger erscheint die Energie, mit der er sich schließlich doch noch zur fast vollkommen freien Höhe durcharbeitet. Auf dem Gipfelpunkt seiner Leistung steht auch er durchaus im Banne der Anschauung Galilei's: daß der einzig ersprießliche Weg zum Eindringen in die Natur im direkten Befragen dieser Natur auf dem Wege der streng sachgemäßen Beobachtung bestehe. Seine angeborene Phantasiebegabung wird im gleichen Moment zum wirklich wissenschaftlichen Genie, — das heißt zur Gabe, große Beobachtungsreihen gleichzeitig so zu beherrschen und zu überblicken, daß das Gemeinsame, das ewig Wiederkehrende sich als „Gesetz" herausschält. Durchmustert man die einzelnen Phasen von Keplers Leben, so hat man die bestimmte Empfindung, daß dieser einzige Mann in sich die ganze Entwickelungsbahn von der voreiligen Kombination der Griechen, der mystischen Verirrung des Mittelalters und der Verquickung von beiden in den Arabern bis herauf zur Höhe des Kopernikus und Galilei und damit gradezu bis auf die Höhe des Besten auch noch unseres modernen Denkens individuell durchgemacht und durchgekämpft hat.

In materiellem Zwange, aber auch sicher wohl mit einem gewissen, aus Skepsis und Sinn für mystische Naturzusammenhänge zu ziemlich gleichen Teilen gemischten Interesse begann er damit, in Graz und Prag

auf astrologischem Gebiete sich Ruf zu schaffen. Das Grobe der handwerksmäßigen Zeichendeuterei hat er dabei früh mit Ironie anzuschauen gewußt. Des feineren Zaubers aber, der darin steckte und der zu der alten pythagoräischen Zahlenmystik zurücktrieb, wurde er nicht so leicht Herr. Das kopernikanische System erfaßte er voll Eifer. Aber



Johannes Kepler.

seine erste Schrift, das Mysterium cosmographicum, spielte noch mehr damit, als daß sie es förderte. Das Einheitliche der neuen Planetenordnung, die (übrigens noch auf sehr ungenaue Rechnung begründeten) Regelmäßigkeiten in den Abständen der Planeten von der Sonne, vermischt mit dem dunklen Drange, im Sinne Plato's überall auf eine rhythmisch geordnete Welt zu stoßen, trieben ihn zu weitgehender mathematischer Spekulation, deren Resultate im Moment etwas ungemein Berauschendes hatten, aber direkt niemals auf den richtigen Weg zum

Fortschritt geleitet hätten. Denn etwas anderes that vorher not, ehe der Mathematiker sich in sein Zimmer verschließen und die Zahlen vergleichen durfte: eine wirkliche, exakte Sicherheit in diesen Zahlen, ein emsiges Ablesen vom Himmel selbst ohne alle vorgefaßte Meinung. Durch keine pythagoräische und platonische Zahlenmystik — und wenn sie noch so scharfsinnig gewendet wurde — konnte man auf die Idee kommen, die als allererste not that: die Idee, daß die Planeten nicht, wie noch Kopernikus geglaubt, in Kreisen liefen, sondern in Ellipsen. Jene Vorstellung des vollkommenen Kreises verdankte man ja grade den Pythagoräern und Platonikern, und alles, was sich diesen anschloß, geriet ewig (im wahren Doppelsinn des Wortes!) in den alten Zirkel hinein. — Keplers Leben ist arm an Glück. Aber einmal ist ihm das Glück doch hold gewesen. Es schickte den jungen Mystiker in die Schule des großen Rechners Tycho. Es war der entscheidende Umschwung, der ihn erst zu dem gemacht hat, was wir heute in ihm verehren. In Unfrieden war der unruhige Faust der Astronomie, Tycho Brahe, kurz vor der Wende zu 1600 von seiner Märcheninsel im Sund fortgezogen, um im Dienste Kaiser Rudolfs II. eine neue Stätte seiner Wirksamkeit zu begründen. Hier suchte er einen geduldigen Schüler, der seine durch Jahrzehnte fortgesetzten Beobachtungen des Planeten Mars weiterführen und bearbeiten sollte. Er geriet durch glücklichen Zufall auf Kepler. Dem persönlichen Zusammenarbeiten der beiden setzte zwar Tycho's jäher Tod (schon 1601) ein rasches Ende. Aber das bereits angesammelte Material blieb in Keplers Hand vereinigt, und die allgemeine Direktive, die Tycho ihm durch die Art seines Beobachtens gegeben, trieb ihn machtvoll auf einen für ihn neuen, aber unvergleichlich glücklicheren Weg. Die Bahn des Mars ist nächst Merkur von allen der großen Planeten die am meisten excentrische. Bald kommt er der Sonne auf 27 Millionen Meilen nahe, bald entfernt er sich wieder bis zu 33 Millionen. Wenn irgendwo, so mußte hier genaue Beobachtung notwendig zur Erkenntnis einer nicht runden, sondern elliptischen Gestalt der Planetenbahnen führen. Eine Weile kämpfte Kepler, der Pythagoräer, gegen die vorliegenden Beobachtungen an. Dann vollzog sich in ihm der entscheidende Schritt. Die letzte falsche Tradition des Altertums, die noch Kopernikus festgehalten und in die alle Zahlenmystik sich zäh verwebt, wich vor der Wucht der besser ergründeten, der beobachteten Thatsache: dem im besten Sinne übermannten Kämpfer offenbarte sich das erste der sogenannten Kepler'schen Gesetze: die Bahnen der Planeten sind Ellipsen, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht. 1609, im Jahre, da Galilei seinen Feldzug mit dem Fernrohr eröffnete, erschien das Gesetz in dem großen, die Marsbeobachtungen zusammenfassenden Buche „Astronomia nova de motibus stellae Martis" zugleich mit dem zweiten, das sich mit dem eigentümlichen Phänomen der verstärkten Geschwindigkeit

der Planeten in ihrer Sonnennähe und der verminderten in Sonnenferne befaßte.*)

Neun schwer lastende Jahre vergingen nach diesem Hauptschlag dem vielgeprüften, im bittern Brotkampf von Stelle zu Stelle gehetzten Manne, — dann faßte sein genialer Geist in sieghafter Vereinigung jetzt des erworbenen Wissensschatzes mit der alten Gabe kühner Spekulation auch das dritte der nach ihm benannten Planetengesetze — 15. Mai 1618. Es lehrte,

*) Keplers zweites Gesetz spricht die Thatsache aus, daß die Linie von irgend einem Planeten zur Sonne bei der Bewegung dieses Planeten um die Sonne in gleichen Zeiten gleiche Flächen bestreicht. Die nebenstehende Figur mag das erläutern. Sie stellt (allerdings der Deutlichkeit wegen in sehr starker Übertreibung) eine elliptische Planetenbahn dar. Im Gegensatz zum Kreise, der ein von jedem Punkte des Kreisumfangs gleich weit entferntes Centrum besitzt, unterscheidet man bei der länglichen Ellipse zwei wichtige Punkte im Innern: die Brennpunkte. Sie liegen beide auf der größten Achse (d. h. dem größten der möglichen Durchmesser) und zeichnen sich dadurch aus, daß die Summen von je zwei Linien, die einen Punkt des Umfanges mit beiden Brennpunkten verbinden, stets gleiche Größen ergeben. Die Sonne steht in unserm Falle links im einen Brennpunkt: da, wo die schraffierten Felder sich treffen. Diese schraffierten Felder sind Ausschnitte, die durch eine Verbindung des Sonnenbrennpunkts mit je zwei Punkten in der Bahn des kreisenden Planeten gewonnen sind, und zwar sind jedesmal zwei Punkte gewählt, zwischen denen der Planet die gleiche Zeit verbraucht. In diesem Falle ist der Flächeninhalt bei den sämtlichen dargestellten Ausschnitten der gleiche, und diesen Zusammenhang von gleicher Bewegungszeit und gleichem Flächeninhalt der durch die Fortbewegung ausgeschnittenen Stücke betont eben das Kepler'sche Gesetz. Aus der Zeichnung ist aber auch leicht zu ersehen, daß bei dieser elliptischen Bahn, wo die Sonne so weit seitwärts steht und die Planetenbahn sich ihr bald nähert, bald entzieht, bei gleichem Flächeninhalt doch die Gestalt der Ausschnitte sich sehr beträchtlich verschiebt und damit die Größe des ausgeschnittenen Bahnstücks in weiten Grenzen wechselt. Bald ist das in gleicher Zeit ausgeschnittene Bahnstück so groß wie bei der schraffierten Fläche links, bald so kurz wie bei der äußersten rechts. Eine notwendige Thatsache zum Zustandekommen des Ganzen ist also, daß der Planet in gleicher Zeit nicht immer mit gleicher Geschwindigkeit läuft: er muß in der Sonnennähe, wo er in derselben Zeit ein so viel größeres Stück zu durchjagen hat, eine größere Geschwindigkeit haben, als in der Sonnenferne, wo das Stück für dieselbe Zeit so wesentlich kürzer bemessen ist. Die praktischen Folgerungen, die sich aus dem von Kepler festgestellten Verhältnis zwischen Sonnenabstand und Geschwindigkeit der Planeten ergeben, werden an einem andern Orte dieses Buches noch Gegenstand unserer Betrachtung sein müssen.



daß die Quadratzahlen der Umlaufszeiten der Planeten sich zu einander verhalten wie die Kubikzahlen ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne. Im Gegensatz zu den beiden ersten Gesetzen war hier eine Wechselbeziehung der verschiedenen Planeten untereinander aufgedeckt, die notwendig höchste praktische Bedeutung gewinnen mußte.*) Das Buch „Harmonices mundi libri V.," 1619 in Linz gedruckt, verkündete diesen Fund, der allem Früheren die Krone aufsetzte, mit dem stolzen Geleitwort: „Nach langen vergeblichen Anstrengungen erleuchtete mich endlich das Licht der wunderbarsten Erkenntnis. Hier habt ihr das Resultat meiner Studien. Mag mein Werk von den Zeitgenossen oder von den späteren Geschlechtern gelesen werden, oder nicht, mir gilt es gleich. Es wird nach hundert Jahren gewiß seine Leser finden." Die Hälfte dieser hundert Jahre war noch nicht herum, als sich der Leser fand, der Keplers Buch nicht nur lesen, sondern der zwischen den Zeilen der Kepler'schen Gesetze die fundamentale Zusammenfassung dessen, was sie aussprachen, herauslesen sollte .... Isaak Newton. Der Dank der Zeit selbst aber für ihren großen Denker klingt betrüblich aus der Thatsache, daß Kepler eben jetzt genötigt war, ein ganzes Jahr der Verteidigung seiner Mutter zu widmen, die in ihrer schwäbischen Heimat als „Hexe" verklagt worden war und nur durch aufopfernde Anteilnahme des Sohnes mühsam vor Tortur und Scheiterhaufen gerettet werden konnte. So düster flatterten noch immer die Schatten des Mittelalters durch eine Welt, die doch schon die Kraft besaß, einen Kepler und Galilei aus sich zu erzeugen. Ein Jahrzehnt später erliegt der große Forscher den Überanstrengungen des Daseinskampfes, eben da er zu Regensburg (1630) klagbar gegen seinen letzten Herrn, den zahlungsunfähigen Wallenstein werden soll, — eine letzte bittere Ironie, die den uneigennützigen Diener der Wissenschaft, einen Mann des lautersten Charakters fast ohnegleichen,

*) Da man die Umlaufszeiten der Planeten (und somit auch die Quadrate derselben) schon damals kannte, so mußte das Gesetz im gleichen Moment zum direkten Schlüssel für das Gegenüber auch der wirklichen Größe des Abstandes aller Planeten von der Sonne werden, wo man die Entfernung eines einzigen Planeten exakt feststellen konnte oder auch nur die absolute Zahl für den Abstand eines Planeten von einem andern herausbekam. Der erste Schritt auf dem Wege zu dieser praktischen Verwertung des von Kepler so glücklich entdeckten Verhältnisses geschah durch eine kunstvolle Messung der Entfernung zwischen Erde und Mars durch Cassini und Richer im letzten Drittel des siebzehnten Jahrhunderts. Fast genau um dieselbe Zeit kam aber Halley auch bereits der Gedanke an die hohe Bedeutung, die eine planmäßige Beobachtung des Vorübergangs der Venus vor der Sonnenscheibe für eine noch viel exaktere Berechnung des direkten Abstandes von Sonne und Erde aus bestimmten Gründen notwendig haben müsse, und seitdem ist dieser Abstand thatsächlich mit einer so hohen Genauigkeit berechnet worden, daß jetzt jene Zahl faktisch dem Astronomen zur Verfügung steht, die das dritte Kepler'sche Gesetz unmittelbar fruchtbar macht.

schuldlos verwickelt in einen der zufälligen Glücksbankerotte des tollkühnsten Abenteurers der Zeit.

Es ist nicht Aufgabe dieser Blätter, eine Geschichte der Astronomie zu schreiben. Wenn die Erzählung vom Erstarken des Kosmosbildes in den Tagen von Kopernikus, Galilei und Kepler gezwungen ist, grade Fragmente aus der Entwickelung der Himmelskunde in größerer Zahl einzuflechten, so ergiebt sich der Grund von selbst. Hier, wie auf keinem zweiten Gebiete, schloß sich in dieser Zeit ein so mächtiges Ringstück aneinander, daß in der That zum erstenmal eine Basis zum Weiterzimmern endgiltig für erobert gelten durfte. Es erübrigt, mit einem kleinen Sprung und Übergehung von mancherlei Zwischengliedern jetzt im Anschluß daran gleich des letzten und entscheidendsten Hammerschlages zu gedenken, durch den die gewaltige Hand Isaak Newtons die Errungenschaft der zwei Jahrhunderte vollends unzerstörbar gemacht hat.

Die Leistung Newtons erwächst zu gleichen Teilen aus der Keplers, des Entdeckers der drei Planetengesetze, — und aus der Galilei's, des Entdeckers der Fallgesetze. So schließt sie sich organisch an die beiden größten Thaten von der Wende zu 1600 an und verknüpft sie in eine höhere Einheit, mit der das gedankentiefe achtzehnte Jahrhundert dann als seiner besten Wiegengabe einsetzen durfte.

Newtons Leben ist äußerlich so glücklich wie das des Kopernikus. Ein stiller, anspruchsloser Gelehrter, wie dieser, teilte er sogar die Eigenschaft mit ihm, sein tiefsinnigstes Werk eine Reihe von Jahren unveröffentlicht liegen zu lassen. Der Fall wiederholt sich später in der Geschichte des Kosmosbildes noch ein drittes Mal, bei Darwin, so daß man sagen kann, die drei wohl bedeutsamsten Bücher der neueren Zeit seien auch ihre ausgereiftesten und gefeiltesten gewesen, und zugleich alle drei die Proben denkbar uneigennützigster Gesinnung. Die eigentlichen Anfechtungen, die Newton zu bestehen hatte, entsprangen seinem eigenen Kopfe. In manchem beschrieb er eine fast umgekehrte Bahn wie Kepler. Kepler hatte sich mit eiserner Energie von der mystischen Spekulation durchgerungen zu absoluter Hingabe an die induktive Methode, an das besonnene Fortschreiten von Thatsache zu Thatsache und die Beschränkung der Spekulation auf ein geniales Überschauen und Verwerten eben dieser beobachteten Thatsachen für den weiteren Weg. Als Newton (geb. 5. Januar 1643 zu Whoolstorpe in Lincolnshire) seine Studien begann, stand ihm der Wert dieser induktiven Methode von vornherein fest. Die letzten hundert Jahre hatten so überraschende Erfolge auf ihrer Bahn gesehen, daß über diesen praktischen Wert gar kein Zweifel mehr sein konnte. Die im Gefolge der großen Zeitenwende machtvoll aufblühende Philosophie hatte zwar sonst mancherlei

Verworrenes und Übereiltes gezeitigt, aber doch an wirksamer Stelle (Baco von Verulam, 1561—1626, also parallel zu Kepler!) grade die naturwissenschaftliche Methode begrifflich sehr klar ausgearbeitet und als einziges Heil für den Wissensfortschritt gepriesen. Gleichwohl ist Newton in seinen späteren Jahren noch und lange nach Vollendung seines Hauptwerks von mystischen Neigungen verlockt und auf phantastische, wissenschaftlich



Isaak Newton.

wertlose Wege getrieben worden. Sie kommen als solche für uns hier nicht in Betracht.

Der rein empirische Weg in dem aufsteigenden Teil von Newtons Lebensarbeit bewährt sich in den lehrreichen Einzelheiten, die seiner bahnbrechenden Entdeckung des Gravitationsgesetzes vorausliefen. Ich verweile bei ihnen, weil es im Zwecke dieser ganzen geschichtlichen Einleitung liegt, nicht so sehr die einzelnen großen Naturgesetze in der Reihenfolge ihrer Entdeckung vorzuführen (ein Unternehmen, zu dem es dicker Bände

bedürfte), als eine allgemeine Andeutung zu geben, wann man zuerst damit anfing, sich das Wesen eines „Naturgesetzes“ klar zu machen, und einen methodologischen Weg einschlug, um von der Natur selbst ihre Gesetze abzulesen. Einmal klar erkannt, ist die Art des Suchens dann fortan immer die gleiche geblieben und die Mannigfaltigkeit der wirklich so gefundenen Gesetze gehört nicht mehr in den Umriß einer Geschichte des Kosmosbildes, sondern in die Kompendien der betreffenden Specialwissenschaft.

Eine gangbare Familienanekdote erzählt, daß Newton, 1665 von Cambridge, wo er seine mathematischen Studien absolviert, durch die Pest vertrieben, in seinem Geburtsort durch den zufälligen Fall eines reifen Apfels auf den Gedanken geführt wurde, ob nicht dieselben Gesetze, dieselben Kraftverhältnisse, die diesen Apfel zur Erde sinken ließen, den Mond in seiner Bahn um die Erde festhielten. Mag die Anekdote nun genau so richtig sein oder nicht: jedenfalls bedurfte es, um auf diesen geistvollen Einfall überhaupt zu kommen, schon einer enormen Vorarbeit durch andere. Eine



Newtons Geburtshaus zu Woolsthorpe in Lincolnshire.
Er erblickte darin das Licht der Welt am 5. Januar 1643, fast genau ein Jahr nach dem Tode Galilei's. Die an der einen Wand unten angebrachten beiden Sonnenuhren waren das erste Werk des künftigen großen Astronomen.

Geistesthat war es trotzdem, der erste Blitz einer Kombination, die viele Einzelbeobachtungen verknüpfen konnte. Aber es galt, wenn der besonnene Weg des Naturforschers innegehalten werden sollte, noch einer genauesten Revision der vorhandenen früheren Beobachtungen. Weit entfernt, sich von einem schönen Aperçu berauschen zu lassen, machte sich Newton an diese Arbeit. Nahm man an, daß der Mond gleichzeitig durch ein allgemeines Schwerkraft-Gesetz, das ihn nach der an Masse so viel größeren Erde in entsprechendem Verhältnis beständig hinriß, wie es bei dem Apfel geschah, an die Erde gefesselt blieb, aber infolge einer zweiten ursprünglich gradlinigen (tangentialen) Eigenbewegung (entsprechend einem geschleuderten Steine) nicht zum wirklichen Herabfallen kam, so mußten seine ganzen wirklichen Bewegungsverhältnisse sich in eine Formel bringen lassen, die den

Resultaten Galilei's über den Fall der Körper auf der Erde entsprach. Der Erfolg für Newton war zunächst der, daß er den Gedanken aufgeben mußte. Die Rechnung stimmte nicht. Um die Bahn des Mondes und den Fall des Apfels auf ein gleiches „Gesetz der Schwere“ mathematisch exakt zurückzuführen, bedurfte es mehrerer durch schärfste Beobachtung festgestellter Größen. Man mußte die Distanz des Mondes von der Erde, die sogenannte siderische Umlaufszeit des Mondes (d. h. die Zeit, die der Mond gebraucht, um zu demselben Fixstern des Himmels zurückzukehren) und die Länge eines Äquatorgrades der Erde selbst kennen. Newton benutzte die Zahlengrößen, die ihm seine Zeit gab. Von diesen war die zuletzt genannte falsch, da man die Größe der Erde noch nicht hinreichend kannte. Die Folge für die Rechnung war, daß die vom Monde herausgerechnete Beschleunigung der Erdschwere an der Erdoberfläche um ein Beträchtliches von der Größe differierte, die Galilei für Körper wie den Apfel gewonnen hatte. Newton legte nunmehr seinen Gedanken vorläufig ad acta und wandte sich andern Studien zu. Das war 1666. Noch nicht fünf Jahre aber vergingen, und der Franzose Jean Picard stellte bei Gelegenheit einer ersten wirklich zuverlässigen Erdmessung eine der wirklichen Erdgröße besser entsprechende Ziffer fest. 1682, in einer Sitzung der Royal Society in London, erfuhr Newton bei einer zufälligen Gelegenheit davon. Eine hochgradige Aufregung bemächtigte sich seiner. Sich selbst nicht trauend im ersten Moment der Erregung, bat er einen Freund, jene alte Rechnung mit Zugrundelegung der neuen Ziffer noch einmal zu revidieren: die Einheit mit Galilei's Resultat war diesmal eine nahezu vollkommene. Für den Mond galt dasselbe Gesetz wie für den fallenden Apfel! Und nunmehr formulierte Newton sein allgemeines Gravitationsgesetz: Jeder Körper übt auf jeden andern eine anziehende Kraft aus, deren Größe sich direkt verhält wie die Masse des anziehenden Körpers und umgekehrt wie das Quadrat seines Abstandes. Die sämtlichen bekannten Bewegungserscheinungen und Verhältnisse unseres Planetensystems, wie sie Kepler bereits in feste Formeln gebracht, erwiesen sich lediglich als notwendige Specialfolgen dieses grundlegenden Gesetzes. Die große Sonne fesselte die viel kleineren Planeten in ihrer Bahn genau im Verhältnis ihrer ungeheuren Masse, die Anziehung nahm aber ab im umgekehrten Quadrate der Entfernung, das heißt: bei Verdoppelung der Entfernung verminderte sie sich um das Vierfache, bei Verdreifachung ging sie schon auf den neunten Teil herab und so fort. Veröffentlicht wurde der große Fund erst 1687 in dem denkwürdigen Buche der „Prinzipien“ („Philosophiae naturalis principia mathematica“). Newton selbst überlebte dieses wichtigste Datum seiner Bahn noch um volle vierzig Jahre.

Die eigentliche Bedeutung des Gravitationsgesetzes liegt — um von jener wertvollen Entdeckungsgeschichte im weiteren abzusehen — in der eminenten kosmischen Verknüpfung, die es umschließt und die schon

aus den ersten Bildern erhellt, an die es anknüpft: der handgroße Apfel, der ein paar Fuß hoch vom Zweige fällt — und die Mondkugel, die bei einem Durchmesser von 468 Meilen und einer mittleren Entfernung von 51 800 Meilen vom Erdmittelpunkt zu unseren Häupten sich dahinbewegt. Das nächste sich anschließende Bild ist bereits der gesamte kolossale Erdball selbst, der, vom Monde begleitet, wiederum nach denselben Schwerkraftgesetzen die Sonne umkreist. Die Sonne folgt noch weiter liegenden Kraftcentren, — das ganze Planetensystem mit sich fortreißend. In die Sonnenwelt hinein stürzen als Gäste aus fernsten Weiten in enormen Parabel- und Hyperbelbahnen langgeschweifte Kometen. Doppelsterne, zu ungeheuren Sonnensystemen höherer Art verbunden, schwingen umeinander. Und überall dasselbe Newton'sche Gesetz!

Jetzt zum erstenmal hing, wenigstens unter einem festen Gesichtspunkt, das „All" aneinander, und keine folgende Beobachtungsthatsache hat diese vorläufig festeste aller Klammern irgendwo loser gemacht. Hatten schon das zweite und vor allem das geniale dritte Planetengesetz Keplers den Weg gewiesen, wie aus bekannten Größen (z. B. der Umlaufszeit eines Planeten und dem Erdabstand von der Sonne) unbekannte (die Entfernung dieses andern Planeten von der Sonne) ohne weiteren Blick ins Fernrohr oder weitere spekulative Gedankenarbeit einfach von der dem Gesetz entsprechenden Formel abgelesen werden konnten, so sollte das Gravitationsgesetz in der Folge gar die Entdeckung eines neuen Planeten (Neptun) rein auf Grund der an einem bereits bekannten Körper (Uranus) festgestellten Störungen ermöglichen, — eine Verknüpfung der Dinge, die alle kühnsten Hoffnungen spekulierender Mystik auf rein empirischem Wege weit überbot. Im März 1781 entdeckte Wilhelm Herschel bei seiner Durchmusterung des Himmels den Planeten Uranus. Die in den folgenden Jahrzehnten angestellten Berechnungen über die Bewegung des Uranus führten zu der Mutmaßung eines fremden, störenden Elements jenseits der Uranusbahn. 1840 sprach Bessel das Problem unzweideutig klar aus: den störenden Schwerkörper d. h. einen noch jenseits des Uranus kreisenden, bisher aber nie im Fernrohr positiv beobachteten Planeten nach Bahn und Gewicht zu „berechnen" auf Grund der Abweichungen der Uranusbahn. Leverrier löste das mathematische Problem. Seine Resultate wurden am 31. August 1846 in Paris veröffentlicht: — am Abend des 23. September fand Galle in Berlin mit dem Fernrohr den Planeten (Neptun) fast genau an dem durch die Rechnung geforderten Ort.

Das eine Beispiel darf genügen, um zu zeigen, was im Sinne einheitlicher Naturauffassung mit Newton geleistet war und welchen Eindruck ein solcher Schritt ins Herz des Weltmechanismus auf die ganze Folgezeit ausüben mußte.*) — — —

*) Dieser uneingeschränkten Würdigung der Newton'schen Entdeckung, für die es nicht leicht ein genügend lebhaftes Wort geben kann, muß, in unbefangenem Eingeständnis vorläufiger Wissensschranken, allerdings auch beigefügt werden,

Es gehört zu den erhabensten Schauspielen, deren Anblick man sich überhaupt verschaffen kann, das gleichzeitige Keimen fast aller Zweige der Naturwissenschaft zwischen 1500 und 1700 zu beobachten. Erschlossen auf der einen Seite die Entdeckungen mit dem Fernrohr eine wirklich neue, nie erwartete Welt, so wurde daneben doch nicht minder fruchtbar, ja innerlich sogar recht eigentlich entscheidend die Schärfe des Blickes für das Gewöhnliche, das Alltägliche. Das Altgewohnte, scheinbar Selbstverständliche wunderbar und erklärungsbedürftig zu finden: in dieser Forderung und ihrer Erfüllung lag der entscheidendste Schritt bergan. Kopernikus hatte zuerst sieghaft gezeigt, wie im anscheinend Einfachsten, dem jedem Kinde vertrauten Auf- und Absteigen der Sonne am Himmel, ein Geheimnis gesteckt hatte, das, gelöst, eine ganz neue Weltansicht offenbarte. So war denn die Richtung durch einen großen Erfolg sogleich geweiht und die besten Köpfe warfen sich mit Eifer auf das neue Kampfesfeld.

„Versetzen wir uns" erzählt Julius Zöllner, „in das Halbdunkel des Domes zu Pisa. Es ist ein hohes Kirchenfest. Von dem Chore erklingen melodische Wogen durch den kühlen Raum, Hunderte von Kerzen flimmern durch die Weihrauchwolken, welche stummbewegte Ministranten um den Hauptaltar verbreiten; eine Menschenmasse füllt das Schiff, kommend und gehend und kniebeugend in altgewohnter, unverstandener Weise. Durch hohe Fenster sucht das klare Himmelslicht hineinzudringen, doch kaum kein Strahl sich frei auch nur auf eine Stirne niedersenken; in diesen Raum

daß die rechte physikalische Bewältigung des Begriffes „Schwerkraft" im Sinne einer Massenanziehung über enorme Räume hinweg noch in keiner Weise seit Newtons Tagen hat gelingen wollen. Newton selbst machte sich kein Hehl daraus, daß man eine solche Anziehungskraft sich unmöglich als eine „Fernwirkung durch den leeren Raum hindurch" vorstellen könne. „Die Annahme" sagte er in einem Briefe, „daß die Schwere der Materie an sich schon wesentlich zukomme, so daß ein Körper auf einen entfernten anderen auch durch den leeren Raum hin und ohne Vermittlung von irgend etwas anderem wirken könne, mittelst dessen und wodurch seine Wirkung und Kraft hinübergeleitet wird, das erscheint mir als eine so große Absurdität, daß ich nicht glaube, irgend jemand, welcher bei naturwissenschaftlichen Dingen ausreichendes Denkvermögen besitzt, könne darauf verfallen." Eine große Anzahl seiner Nachfolger hat eine ziemlich mystische Anschauung dieser Art leider nicht für „absurd" gehalten und so eine recht große Verwirrung angerichtet. Zum Glück bleiben die von Newton festgestellten mathematischen Verhältnisse als solche ganz unberührt davon, wie man sich nun die „Übertragung" bei der „Schwerkraft" denken mag, und die Lücke in der Erkenntnis, die hier breit genug klafft, stört grade die Anerkennung der Universalität des Gesetzes in allem bisher bekannt Gewordenen des Alls in keiner Weise. Der Lücke selbst gegenüber muß einstweilen der Umstand trösten, daß, wo sonst immer solche „Fernwirkungen" ohne Vermittlung irgend welcher Art in der neueren Physik spukten, mehr und mehr damit aufgeräumt worden ist. So



darf die Sonne nur scheinen, um reizend bunt zusammengesetzte Glasscherben zu erhellen. In einem Geiste aber geht eine andere Helle auf. Ein junger Student, der neunzehnjährige Galilei, lehnt an einer Säule. An ihm zieht das sinnberauschende Geflute wirkungslos vorüber; seine Augen immer nach derselben Richtung, verfolgt er die langsamen Bewegungen eines von dem hohen Gewölbe niederhängenden Kronleuchters, in dessen Schwingungen er eine gesetzmäßige Regel ahnt. Immer in gleichen Zeitabständen macht der Leuchter seinen Bogen gleich weit nach beiden Seiten; wenn der Schwung seine Kraft verloren hat, kehrt er um, erst langsam, dann mit steigender Geschwindigkeit bis zur Mitte, dann wieder mehr und mehr sich verzögernd, bis er endlich auch auf der andern Seite wieder umkehrt und die gleiche Bahn in gleicher Weise zurückgeht. Und hinter ihm schwingt ein anderer Leuchter, für sich ebenso regelmäßig, aber rascher, wie der Jüngling an seinem Pulse zählt, und doch haben beide gleiche Form und gleiche Größe und befinden sich sonst unter gleichen Verhältnissen, nur ist der erstere an einem höheren Punkte des Gewölbes befestigt als die rascher schwingende Ampel. Sollte auf die sonst mathematisch strengen Bewegungen die Länge des Seiles Einfluß haben? An die Beobachtungen und das Auftauchen dieser Fragen knüpft sich, wie die Sage will, die erste Galilei'sche Entdeckung, die der Pendelgesetze, welche in ihrer lediglich auf direkte Beobachtung gestützten Entstehung und in ihrem durchsichtig geometrischen Charakter die epochemachende Richtung der Galilei'schen Forschungen überhaupt begründete." *)

---

dürfte ihre Stunde denn auch bei der Gravitation eines Tages schlagen — sei es auch auf Kosten einer starken Umgestaltung dieses Begriffs an Haupt und Gliedern! Im gewöhnlichen Leben hört man übrigens oft den Ausspruch: Kepler habe gezeigt, wie die Planeten um die Sonne liefen, Newton aber, warum sie es thäten. Man muß bei solchen Dingen vorsichtig sein und nicht einen Warum-Begriff in die Naturforschung tragen, den sie nicht kennt. Das „Warum" im Sinne Newtons bei seiner Entdeckung war zunächst und grade in seinem dauernden, mathematischen Teile doch auch nur wieder ein „Wie," wenn auch eine noch viel einfachere und deshalb viel weiter gültige Formel für das „Wie" Keplers.

*) Das Pendel, vielleicht das einfachste und unscheinbarste aller irgend denkbaren Instrumente — ein beliebiger schwerer Körper, an einem Punkt frei beweglich aufgehängt — hat der denkenden Menschheit mehr offenbart als ganze Bibliotheken voll mystischer Weisheit und phantastischer Grübelei. Abgesehen von der praktischen Verwertung als Zeitmesser in der Pendeluhr (von Galilei angeregt, von Huyghens 1657 ausgeführt) hat es nacheinander durch seine Abweichungen in der Nähe mächtiger Gebirgsmassen und in Bergwerken zu Anhaltspunkten für die Dichtigkeit und das Gewicht der Erde, durch seine verlangsamten Schwingungen am Äquator, seine vermehrten nach den Polen zu zur Feststellung der Abplattung des Erdballs an den Polen und durch sein Verharren in derselben Schwingungsebene auch bei Veränderung des ursprünglich darunter liegenden Punktes der Erdkugel zum sinnfälligen Beweis für die wirkliche Umdrehung dieser Erdkugel um ihre Axe geführt.

Das Seitenstück zu dieser Anekdote (deren biographische „Echtheit“ hier nicht in Betracht kommt) ist die bereits erwähnte vom Apfel Newtons. Der ideale Kern in beiden ist eben jenes „Staunen über das Alltägliche“, das zu bahnbrechender Entdeckung führt. Im siebzehnten Jahrhundert ist es allgemeines Prinzip. Man hat die scholastischen, die mittelalterlichen Häute abgestreift, man sieht den Dingen ins Auge und wagt zu staunen, zu fragen. Und diese glückliche Zeit schaut das Einfachste noch so jungfräulich, ihr liegt das Gute so offen vor der endlich befreiten und kühn gewordenen Hand, daß gradezu an jeder Stelle, da sie zugreift, eine der großen Abteilungen unserer modernen Wissenschaft begründet wird. Wie bei Galilei oder Newton ist es meistens eine Thatsache, die den Riegel löst und einem unaufhaltsamen Strome Raum schafft, der von da ab flutet und flutet bis auf unsere Zeit, immer anschwellend, immer neues Material von dem großen Felsblock des Unbekannten im Kosmosbilde abschürfend, mitreißend, läuternd und zu geordneter Wissensschicht wieder niederschlagend am passenden Ort.

Dasselbe siebzehnte Jahrhundert, das seit den denkwürdigen Nächten des Jahres 1609, da Galilei sein Fernrohr auf Mond und Planeten richtete und ein Zauberreich fernster, vom Licht uns übermittelter Weltgebilde, Millionen und aber Millionen mal größer als die „neue Welt“ des Columbus, im Geiste betrat, von Sieg zu Sieg geschritten war vor allem, was immer im All Licht ausstrahlte: es erfaßte in der Undulationstheorie des Christian Huyghens (1629—1695) auch die Grundthatsache zur Naturgeschichte dieses Lichtes selbst, eine Thatsache, die es nicht als ein Ausströmen wirklicher „Lichtstoffe“, sondern als eine vom Lichterzeuger angeregte Wellenbewegung winziger Teilchen im dazwischenliegenden Raum, also als eine reine Bewegungserscheinung, erwies. Das Denkerauge desselben Mannes, der die Schwerkraft berechnete, Newton, ruhte auch bereits wie ahnend auf dem seltsamen Farbenbilde (Spektrum), in das der vom dreiseitig geschliffenen Glase oder Prisma gebrochene einzelne Lichtstrahl sich zerlegt, — er zuerst lehrte das Phänomen, das nachmals ein Sprachrohr des Himmels zur Verständigung über die physische Zusammensetzung der allerfernsten Sonnen und Nebelflecke über Billionen von Meilen weg werden sollte, im dunklen Gemache durch eine kreisförmige Öffnung darstellen. Um dieselbe Zeit (1675) gewann Cassini in Paris aus Beobachtungen über die periodisch wechselnde Zeitdauer des Eintrittes der Verfinsterung bei dem ersten der neu entdeckten Jupitermonde die Überzeugung, daß die Geschwindigkeit des Lichtes im Raum sich messen lassen müsse — und der Däne Olaf Römer kam schon der richtigen Zahl von rund 40 000 Meilen in der Sekunde*) sehr nahe. In Magdeburg erfand der

* Der erste, dem Planeten nächste Mond des Jupiter vollendet seinen Umlauf in je 42 Stunden und 28 Minuten. Einmal tritt er dabei jedesmal in den Schatten des riesigen Jupiter, er verfinstert sich. Nun verzögert sich aber

geniale Bürgermeister Otto von Guericke, der in erfolgreicher Ausdauer fast das ganze gewaltige siebzehnte Jahrhundert durchlebt, die erste, einfachste Form einer Elektrisiermaschine und wies so zum allerersten Male



Christian Huyghens,
nach Harting und Wolf besser Huygens geschrieben. 1629–1695.
Nach einem Stich von Edelinck.

der an sich auf die Sekunde regelmäßige Eintritt dieser Verfinsterung für unsere irdische Beobachtung jedesmal um 14–15 Sekunden, wenn die Erde sich auf ihrer Bahn gradlinig vom Jupiter entfernt. In solchem Falle hat die Erde sich nämlich jedesmal in den 42 Stunden und 28 Minuten um fast vierundeinhalb Millionen Kilometer entfernt und das Licht muß ihr erst diese

den Weg, wie eine Naturkraft geheimnisvollster Art, die man seit grauesten Tagen immer nur wieder verständnislos am zufällig gefundenen Bernstein bestaunt, aus einem von Menschen selbst konstruierten Apparat beliebig und in Menge hervorgelockt werden konnte: ein Kulturfunke, leuchtend wie wenige, springt über von dieser primitiven rotierenden Schwefelkugel des sinnreichen Magdeburgers zu den größten Leistungen unserer Technik und den zweifellos grade hier noch unvergleichlicheren einer erst kommenden Zeit! Wieder an



Otto von Guericke.
Nach einem gleichzeitigen Stich.

anderem Ort, aber auch nahezu gleichzeitig, veränderte eine scheinbar noch einfachere Beobachtung geradezu das ganze physische Erdbild mit einem Ruck: in der mit Quecksilber gefüllten und dann mit dem offenen Ende luftdicht

Millionen nachlaufen, was bei einer Lichtgeschwindigkeit von wenig über 40 000 Meilen in der Sekunde (Römer berechnete 42100) etwa jene 14 bis 15 Sekunden Verspätung erklärt. Der Franzose Fizeau hat um die Mitte unseres Jahrhunderts durch eine andere, noch schärfere Methode für die Lichtgeschwindigkeit eine ähnliche Zahl wie Römer gefunden, die neueren Untersuchungen von Faucault und Michelson sind dann etwas heruntergegangen (Faucault 40 159 geogr. Meilen, Michelson 40 417 M.), — im ganzen aber war jedenfalls mit der Cassini-Römer'schen Idee und Rechnung die entscheidende Thatsache: die Meßbarkeit der Geschwindigkeit des Lichtes überhaupt, sieghaft gewonnen.

in eine Quecksilberfläche eingepflanzten Röhre des Evangelista Torricelli zu Florenz erhält sich die Quecksilbersäule bei 76 cm Höhe konstant, und der geniale Schüler Galilei's gesteht sich staunend, daß die Atmosphäre der Erde es sei, die durch ihren Druck auf die umliegende Quecksilberfläche die Säule nicht tiefer sinken lasse. Zum meßbaren Lichte trat also die wägbare, die „schwere“ Luft. Alle Verhältnisse verschoben sich, — die Welt wurde neu! Aber auch die Konsequenzen leuchteten sogleich ein bei diesem letzten Experimente: um 1644 machte Torricelli, Galilei's Schüler, den seltsamen Fund, — im September 1648 bereits besteigt auf Anregung des genialen Pascal der Franzose Périer den 1400 m hohen Puy de Dôme in der Auvergne, vergleicht die dort gefundene Quecksilberhöhe in Torricelli's Rohr mit der am Fuße in der Ebene gewonnenen und beweist schlagend, daß der Druck der lastenden Atmosphäre mit jedem Meter aufwärts sich meßbar vermindere, — eine Thatsache, die notwendig eine neue Ära der Bergmessungen einleiten mußte, da man jetzt mit Hülse genauer Barometerformeln einfach von der Quecksilberhöhe ablesen konnte, wie hoch der Berg über das Meeresniveau und über seine nähere ebene Umgebung hervorrage. In der ersten Hälfte von 1600 kommt auch das Thermometer in Gebrauch. Der Erfinder der Elektrisiermaschine, Guericke, stellt die erste Luftpumpe her (1654). Jedes dieser Instrumente ein großer, ein entscheidender Sieg! Die Wissenschaft, die noch zu Beginn der Epoche — etwa in einer Gestalt wie Galilei — sich in umfassenden Köpfen ganz zu spiegeln schien, sondert sich, je umfangreicher das Material wird, in einzelne scharfe Disziplinen. Von der Tradition geheiligte Verbindungen, wie die uralte von Chemie und Medizin, lösen sich vorläufig zu beiderseitigem Nutzen: in unseren Tagen sollten sie sich unbeschadet und auf neuer Grundlage wieder näher kommen. Grade auf die Chemie legt



Evangelista Torricelli (1608—1647).
Nach G. Traballesi, gestochen von Fr. Allegrini.

sich allerdings noch bis tief ins achtzehnte Jahrhundert hinein ein schwerer Alp: die falsche Theorie vom **Phlogiston**. Sie beruhte insofern wenigstens auf einem edeln Irrtum, als auch sie, von scharfen Köpfen (**Boyle**, **Kunkel**, **Becher**, **Stahl**) begründet, ebenso⁰s hervorgegangen war aus dem endlich erwachten Bedürfnis, etwas sehr Alltägliches zu erklären, - nämlich die **Natur der Flamme und der Verbrennung**. Noch wußte man nichts über die wahren Verhältnisse bei chemischen Verbindungen und Scheidungen. Noch war die Luft nicht erkannt als ein Gemisch von Elementen in Gasform. Ein uns so gewohntes Element wie der Sauerstoff war noch nicht entdeckt. Die Wärme, für uns heute nur eine bestimmte Bewegungsform der Materieteilchen, meinte man im Gefolge des alten Wahns, daß „Feuer“ ein „Element“ sei, erklären zu müssen aus Wirkungen eines besonderen „Wärmestoffs“. Und so sollte auch bei der Flamme in jedem brennenden Körper sich ein Stoffliches ausscheiden, das man Phlogiston nannte und in allen verbrennlichen Körpern als eine einheitliche Beimischung vermutete. Eine lange Zeit schien sich alles Beobachtete der sinnreichen Theorie wirklich einzuordnen, obwohl sie positiv falsch war und wieder überwunden werden mußte. Aber das Bahnbrechende der Zeit hemmte sich nicht in solchen gelegentlichen Verstößen, und gegründet worden ist auch die neuere Chemie damals dennoch zweifellos -- trotz des irreleitenden Phlogiston.

Faßt man die zwei Jahrhunderte rund zusammen, das sechzehnte und das siebzehnte, von 1500 bis 1700, so muß man eingestehen, daß in dieser kurzen Spanne, die an wichtigsten Stellen das Leben von drei bis vier Menschen überbrückt, **für das Kosmosbild mehr geleistet worden ist als in den ganzen voraufgehenden Jahrtausenden seit der babylonisch-ägyptischen Urzeit** -- nicht nur an faktischem Thatsachengewinn, sondern vor allem dadurch, daß fast jede **jetzt** gefundene Thatsache wie ein Stoß gegen eine große Glocke wirkte, die durch die Summierung der Wirkungen schließlich in dröhnende Schwingungen geriet. Es ist kein Wunder, daß man in der Zeit selbst sich auch lebhafter als je **bewußt** mit einem solchen Kosmosbilde zu befassen begann. Der erste Märtyrer der Sonnenbewegung, **Giordano Bruno**, dankte seinen Flammentod zu Rom ebenso sehr auch einem kühnen philosophischen Wiederwecken der alten kosmischen Ideen des Lucretius: ihm erschien die **Natur** wieder als das Oberste, **als ein Einheitliches**, dem die Kirche nur zu ihrem Unglück die Menschheit entfremdet hatte, und in dichterisch begeisterter Rede pries er die pantheistische Idee, die den Begriff „Gott“ übertrug auf alles Seiende und im **Naturforscher** den wahren, den einzigen **Theologen** sah. Die besten philosophischen Köpfe der zwei Jahrhunderte stehen mehr oder minder alle der naturwissenschaftlichen Bewegung nahe, bald als selbstthätige Forscher wie **Pascal**, bald als feinsinnige Kenner, wie **Gassendi** und **Hobbes**. Und um die Wende des ersten Drittels von 1600 ersteht in Holland die

friedlich schöne Gestalt, deren auch ein knappster Umriß der menschlichen Geistesgeschichte wenigstens mit einem Hinweis gedenken muß: Benedikt Spinoza (1632—1677), der Mann, der eine große und beglückende Ethik aufzubauen wußte auf einem Weltbilde, das nirgendwo in Widerspruch stand auch mit den scheinbar beängstigendsten Forderungen der erstarkenden Natur-



Benedikt Spinoza.
Nach einem gleichzeitigen Stich.

wissenschaft, — und der mit der Kraft all seiner Logik eintrat für die Einheit des Naturganzen in der Allgiltigkeit des Kausalitätsgesetzes auch bis in die tiefsten Regungen des menschlichen Willensapparates hinein. In seiner Anspruchslosigkeit und Milde doch ein erhabener Krieger des Geistes, der sich durch keinen Fluch und keine Verlockung auch nur ein Titelchen von seiner Unabhängigkeit rauben ließ, erwarb Spinoza sich zu Haag seinen Lebensunterhalt durch das Schleifen optischer Gläser — eben in der Zeit, da die Schüler Galilei's und Keplers der Welt die Wunder

ferner Himmelszonen durch solche Gläser in unabsehbarer Fülle aufthaten. Der einsame Philosoph, weit entfernt, dieser exakten Beobachtung ihr Recht streitig zu machen, glaubte doch zu wissen, daß es in berechtigter Arbeitsteilung auch Förderer eines freien Weltbildes geben dürfe, deren bestes Beobachterglas noch in etwas anderem bestehe: in vorurteilsfreiem, unabhängigem Selbstdenken . . . .

Wenn man sich fragt, was alles entscheidend zusammenwirkt zu einem physischen Weltbilde in unserm heutigen Sinne, so gehören dazu vor allem astronomische Thatsachen in weitester Fassung des Wortes, — nicht bloß Beschreibung der sichtbaren Objekte, sondern auch Verknüpfung des Gesehenen im physikalischen und mathematischen Sinne, Gesetze der Bewegung und Anordnung, Nachweis der Zusammenhänge im Getrennten, Anschauung des Ganzen als eines „Kosmos“. Der entscheidende Schritt nach dieser Seite war in der Zeit von Kopernikus bis auf Newton gethan. Er gab zugleich festen Stand auf der Basis des Ganzen.

Weiterhin erweisen sich als unumgänglich nötig scharfe Umrisse des engeren Erdbildes: Kenntnis der Erdform im Großen, physikalische Gesetze der Atmosphäre und der flüssigen Bedeckung der Erdrinde, Anfänge eines Begreifens der elektrischen und magnetischen Prozesse, Erforschung der chemischen Verhältnisse, vor allem auch genaue Bilder der Erdteile, der Verteilung von Wasser und Land, des klimatischen Wechsels nach Höhen oder Breiten. Auch hier war der Weg jetzt wenigstens allerthalben angebahnt. Chemie und Physik rüsteten sich. Die Gradmessung ging ins Große. Seit der Fahrt des Columbus war die weitere Erforschung wenigstens der irgend zugänglichen Länder nur noch eine fortlaufende Kette: es schien, als rolle die lange an bestimmten Ecken zäh geknickte Erdkarte von selbst mit jedem Jahre freier auseinander.

Aber es giebt noch ein drittes unabsehbar weites Gebiet, das für das Weltbild in Betracht kommt.

Es ist das Bereich dessen, was man bisweilen mit einer unberechtigten Begriffseinschränkung als „Naturkunde“ schlechthin bezeichnet: die Fülle der mineralogisch-geologischen und der biologischen (botanisch-zoologischen) Thatsachen. Hier aber war zu Ende von 1600 trotz aller Himmelsflüge verzweifelt wenig gethan. Und doch verknüpft sich hier grade Vergangenheit und Zukunft im Kosmosbilde. In der Lagerung und Art der Gesteinsrinden der Erde, in den Resten ausgestorbener Tier- und Pflanzenformen liegt ein Stück Geschichte der Welt greifbar vor. Und in den Lebenserscheinungen auf der andern Seite eröffnet sich eine Brücke zu uns als beobachtendem Wesen selbst, so daß zu dem scheinbar Fernsten hier grade auch noch das uns Allernächste sich gesellt.

Wohl baut sich, soweit unsere Vermutung reicht, diese ganze andere Hälfte auf jener ersten logisch auf: die geologischen Thatsachen fügen sich ein in die Physik, Chemie und Astronomie und die Phänomene organischer Entwickelung leiten zurück auf allgemeine Eigenschaften der Materie, die letzten Endes in die allgemeine Lehre von den Naturkräften einmünden. Trotzdem nahm die Entwickelungsgeschichte der menschlichen Kenntnis von diesen Dingen so sehr ihren eigenen, scheinbar unabhängigen und zeitlich einen so verspäteten Weg, daß eine gesonderte Betrachtung gerechtfertigt erscheint. Es gilt, auch hier den Moment des Anstoßes zu fixieren. Damit nähern wir uns aber von selbst der Gegenwart.

Die Erweiterung des Weltbildes zu einer Entwickelungsgeschichte des Kosmos

von den Anfängen wissenschaftlicher Geologie bis auf Darwin.

Es ist eine neue Wende des Kosmosbildes, vor der wir stehen. Die letzte für uns, denen mit der Gegenwart eine vorläufige, zwangsweise Grenze gegeben ist. Von den betrachteten ist es aber die großartigste. Ihr Schlagwort heißt „Werden", — allmähliche stufenweise Entwickelung. Nicht zufrieden mit der Feststellung des Vorhandenen in der Natur, sucht sie in das Geheimnis einer Geschichte der Natur einzudringen.

Es ist ein letztes, ungemein lehrreiches und anziehendes Stück Kulturgeschichte, das wir zur Feststellung dieses Werde-Begriffs zu durchwandern haben, — lehrreich vor allem deswegen, weil seine entscheidende Epoche erst in die Zeit nach jener Grundlegung der modernen Forschungsmethode durch Galilei, Kepler und Newton fällt und in gewissem Sinne als eine treffliche Probe auf die Lebenskraft dieser Methode gelten darf. Um den Gang der Dinge des bequemen Überblicks halber in ein paar Worte vorweg zusammenzudrängen, so ist der gröbste Umriß des Verlaufs etwa folgender.

Das klassische Altertum steht der Idee eines allmählichen natürlichen Werdens der Welt sehr günstig gegenüber. Aber es spielt mehr mit dem Begriff, als daß es ihn klar durchführte. Wie dem Pythagoras die Erde

eine Kugel sein mußte, nicht weil Seefahrten und astronomische Beobachtungen es darthaten, sondern aus ästhetisch-philosophischen Gründen, weil die Kugel die vollkommenste, schönste Form sei, — so blieb der Entwickelungsgedanke auch stets mehr ein Postulat der philosophischen Spekulation, als eine erforschte oder auch nur eine irgendwie erforschbare und erforschenswerte Thatsache.

Die christliche Gedankenwelt ersetzte dann auf Grund des mosaischen Mythus diese vagen Vermutungen durch eine bestimmte Erzählung über den Verlauf des Weltenwerdens. Die natürliche Entwickelung im Banne kosmischer Gesetze wurde hier zwar verwandelt in den Begriff des „Geschaffenwerdens“, wobei der „Schöpfer“ die einzelnen Teile Stück für Stück aus dem Nichts herausnahm und aneinandersetzte. Aber für den einfachen gesunden Menschenverstand, der diese mystischen Zugaben niemals zu bewältigen vermochte, blieb im Kern wenigstens das Bild einer gewordenen Welt zurück: die Welt war einmal nicht dagewesen; sie war dann — allerdings in der unfaßbar kurzen Zeit von ein paar Tagen — stückweise und in einer bestimmten Reihenfolge erschienen; sie hatte nachher noch einmal eine totale Verwüstung erlebt durch die Sintflut; aus einem einzigen Menschenpaar hatten sich, seltsam genug, braune, schwarze, gelbe und weiße Menschen herausgebildet; und in den sämtlichen heiligen Schriften der Bibel wimmelte es geradezu von beständigen Durchbrechungen des bestehenden Laufes der Dinge durch gewaltthätige Neu-Eingriffe, die auf ein ganz schrankenloses, willkürliches Werde-Prinzip wiesen: bald war die Sonne bei einer alten Schlacht stehen geblieben, bald war ein Mensch von den Toten auferweckt worden, bald hatte sich Wasser in Wein verwandelt, bald hatte sich die Sonne verfinstert, um den Kreuzestod des Messias zu bezeichnen, und so fort. Von einer wirklichen Stabilität der Welt konnte jedenfalls hier nicht die Rede sein, sondern es konnte, je nach den Umständen, geradezu aus allem alles, und das zu jeder Minute, werden.

Als nun im sechzehnten und siebzehnten Jahrhundert die eigentliche Naturwissenschaft begründet wurde, war ihr erstes, daß sie in einen ziemlich scharfen Gegensatz gerade zu diesem willkürlichen Werden und damit zunächst dem „Werde-Gedanken“ überhaupt trat. Der Blick lenkte sich auf das Bestehende und suchte seine Gesetze zu erfassen. Das Aufblühen gerade der Astronomie als erste Folge der neuen Methode des Forschens führte vollends noch auf den wirklich allerstabilsten Teil der Welt, auf unerschütterlich geregelte Sternenbahnen, auf einen Mechanismus, der überhaupt nur deswegen der Berechnung sich zugänglich erwies, weil alles an ihm mit voller Exaktheit bis aufs kleinste faßbare Sekundenbruchteilchen funktionierte. Wohl vertrat, als einer jener oben erwähnten „neuen“ Sterne aufflammte, der große Galilei vereinzelt mit Eifer die Meinung, daß hier wirklich ein neues Werden sich offenbart habe. Aber im ganzen trieb das Prinzip der geistigen Bewegung der Zeit vielmehr zur Annahme

einer eisernen Konstruktion des ganzen Kosmos, die jede Wandlung auszuschließen schien. Und nur da, wo die Wissenschaft, im Gegensatz zu ihrem Aufschwung an der einen Ecke, noch ganz brach lag, auf dem Gebiete des Organischen, lebte der schrankenlose Werdebegriff auch jetzt noch fröhlich weiter. Aristoteles hatte nichts Wunderbares darin gefunden, daß Mäuse sich aus Staub entwickelten: ein Denker wie Kepler nahm keinen Anstand, die Zeitansicht nachzusprechen, daß Pflanzen auch ohne Samen der Erde entsprießen könnten und das Salzwasser Fische durch „Urzeugung“ aus sich hervorgehen lasse. Aber auch für dieses Gebiet sollte in der Folge die Stunde schlagen. Noch im Zeitalter Torricelli's und Otto von Guericke's, um die Mitte von 1600, sprach Harvey den Satz mit Entschiedenheit aus, daß alles Lebende aus einem Ei hervorgehe, das wiederum einem anderen lebenden Wesen entsprungen sei, so daß also auch hier nur ein absolut geschlossener Kreislauf vorliege wie bei den Planetenbahnen des Firmaments, von einer Entstehung eines lebenden Wesens aus totem Stoff aber keine Rede sei. Ungefähr hundert Jahre später machte sich Karl von Linné an die Fundamentalarbeit, mit der unsere wissenschaftliche Zoologie und Botanik, wenigstens was die Formenlehre anbetrifft, eigentlich begründet worden sind: er gab den einzelnen klar beschriebenen Arten feste Namen und brachte die verwandten Gruppen in ein straff gegliedertes System — und als Grundthese, auf der er sein ganzes Werk aufbaute, stellte er dabei hin, daß auch innerhalb des Organischen die eine Art sich nicht willkürlich mit der anderen vermischen, nicht eine Art eine neue hervorbringen könne, sondern daß auch hier eine absolute Konstanz herrsche, allem Anschein nach seit Erschaffung der Welt (dieses erste „Werden“ wagte er als bibelgläubiger Mann nicht anzutasten) geherrscht habe und in Ewigkeit fortherrschen werde. Der Konstanzgedanke kam hier, im Organischen, zuletzt, aber er kam auch mit der größten Energie, wohl geeignet, im gleichen Moment, da auch noch die biblische Schöpfungsgeschichte aus anderen Gründen zu Falle kam, eine letzte Konsequenz zu zeitigen, nach der die Erde und die ganze Welt seit aller Ewigkeit so sei, wie sie jetzt sei, und in ihren unabänderlichen Naturgesetzen einen Schutz gegen jegliche Umwandlung in sich trage.

Zum Glück schob sich dieser überkonsequenten Konstanztheorie aber nun doch ein Riegel vor. Neben den biologischen Wissenszweigen war in derselben Zeit und mit demselben ungewöhnlich langsamen Schritt eine andere Wissenschaft aufgewachsen, — die Geologie. Vom Augenblick an, da diese sich ihrer Natur bewußt wurde, war sie die berufene Wissenschaft zur Rehabilitierung des Werde-Begriffs. Sie las aus ihrem Material die Geschichte eines ungeheuren, über Jahrmillionen sich erstreckenden Werdens. Sie warf den mosaischen Mythus um, aber nur, um an sein kurzes Weltenwerden in sechs Tagen ein unvergleichlich längeres und vielgestaltigeres zu setzen. Sie verbündete sich außerdem bald mit der

Astronomie und trug in diese sehr glücklich die Idee des Werdens wieder zurück, indem sie die so mannigfach verschiedenen Gestalten der Himmelskörper als verschiedene Entwickelungsstadien auf dem Wege vom anfänglich Gasförmigen, Glühenden zum Erkalteten und Festen deutete. Ihr „Werden" war allerdings kein „schrankenloses", — es hielt sich im Banne von bekannten oder doch erkennbaren Gesetzen. Aber ein „Werden" blieb, eine „Entwickelung". Und diese Geologie hat, langsam wühlend, schließlich auch die Botanik und Zoologie doch noch wieder dem alten, jetzt mit Glück neu fundierten Begriffe zurückerobert, — in der That Darwins.

Das ist in weitestem Umriß das große Bild. Wir gewahren eine Trennung, die segensreich wird, indem sie zu einer späteren viel besser gesicherten Einigung führt. Der Werdebegriff der Geologie und der sich anschließenden darwinistischen Biologie steht ebenso himmelhoch über den Spekulationen des Altertums, wie über dem schrankenlosen Schaffensprinzip der christlichen Welt. Er schließt das Naturgesetz nicht aus, wie das letztere, sondern ein, — und er ist nicht wie die ersteren deduktiv gewonnen aus einem philosophischen System, sondern eine unmittelbare Frucht der Beobachtung. Verfolgen wir jetzt kurz, woher die Geologie kam.

Kommenden Generationen, die noch schärfer zum naturwissenschaftlichen Beobachten herangeschult sind als wir heute, wird es immer mehr ein geradezu unbegreifliches Ereignis werden, wie Jahrtausende so **blind** sein konnten gegenüber den allereinfachsten Erscheinungen der Natur. Gewisse Thatsachen aus der Geschichte der Erdoberfläche (also Thatsachen der Geologie) häufen sich aller Orten so aufdringlich, daß ein Nichterkennen der nacktesten Grundlinien wenigstens dieser Wissenschaft noch im Zeitalter des Kopernikus, ja des Newton wirklich einem Rätsel gleichkommen müßte wäre nicht gerade hier das vom Mittelalter überkommene Netz ein ganz besonders zäh verknotetes gewesen.

Es wird nicht leicht einem Menschen sehr wahrscheinlich vorkommen, daß ein Laie bloß durch gelegentliches Anschauen des Sternenhimmels ohne weiteres auf die Kepler'schen Gesetze kommen solle. Man begreift in diesem Falle sehr gut, daß dazu die gemeinsame Arbeit der besten Köpfe langer Jahrhunderte gehört und daß der Glückliche, der schließlich die reife Frucht pflückt, nur der bevorzugte Enkel ist, der die Zinsen eines uralten Kapitals einheimsen darf. Wer aber einmal (etwa am Strande der Nordsee) beim Zurücktreten der Flut den Strand mit unzähligen Muschelschalen bedeckt gesehen hat, die der leiseste Anstoß in der losen Sandfläche begrub; wer einmal am Ufer eines größeren Süßwasserbeckens (etwa an der Westseite des Müggelsees bei Berlin) die im Laufe längerer Zeit aufgehäuften zertrümmerten Muscheln eine Art fortlaufenden Dammes hat bilden sehen, der

oberflächlich sich wieder mit Gras begrünt; wer einmal nach Ablauf der ungestümen Frühlingswasser eine vom ausgetretenen Bach überschwemmt gewesene, mit Schlammmassen hoch überdeckte Wiese betrachtet hat; und wer dann ein einziges Mal eine an Versteinerungen reiche Gegend offenen Auges durchstreift, Muscheln weit vom Wasser ab aus dem harten Stein gebrochen und den Stein selbst verhärtetem Schlamme gleich in regelmäßigen Schichten aufeinander gelagert erblickt hat: — — ist es nicht wirklich ein Wunder, daß er nicht wenigstens die Grundthatsache erfassen sollte, daß die Oberfläche der Erde sich im Laufe der Zeiten vielfach verändert habe, daß einst von muschelführendem Wasser bespülte Gegenden heute völlig trocken geworden seien und daß jene regelmäßige Schichtung muscheldurchsetzten Gesteins darauf deute, daß es einst als schlammiger Wasserniederschlag sich abgesetzt haben müßte?

Und doch mußte um 1500 ein Mann wie **Leonardo da Vinci**, der Genosse einer Kultur, die, was Feinheit des Empfindens weitgreifender Künstlerintuition und jedenfalls auch, was Stärke des abstrakt logischen Denkens anbetrifft, unserer **zum allermindesten gleichkam**, jenen simplen Schluß zum erstenmal (nachdem die Anklänge aus dem Altertum vergessen worden waren) der Welt vormachen — und das nicht einmal mit durchschlagendem Erfolge.

Wohl hatte das Mittelalter auch hier mancherlei Material aufgehäuft: der pilgernde Mönch, der Kreuzfahrer hatten die versteinte Muschel mit Neugier vom überkletterten Felsgrat gebrochen. Als aber im Zeitalter des **Roger Bacon** und des **Albertus Magnus von Bollstädt** das große Besinnen eintrat und die ersten Schleier der fast tausendjährigen Nacht sich zu heben begannen, da war es, als sei grade hier ein böser Geist im Spiel, der die Erkenntnis mit Gewalt verwirren wolle. Arabische Mystik und christlich-scholastische Phantastik verbanden sich zu der tollen Mißgeburt einer Erklärungshypothese, die in den versteinerten Tier- und Pflanzenresten **nicht wirkliche Überbleibsel lebendiger Wesen** erkennen wollte, sondern „**Naturspiele**“, die sich im Felsen selbst gebildet. Bald sollte Gott bei seinem alten Schöpfungswerk sich erst gleichsam „Modelle“ der zu schaffenden Tiere und Pflanzen aus Thon oder Kalk angefertigt haben, — bald hieß es, dem Gestein wohne selbst **plastische Kraft** zu solchen Gebilden inne oder eine besondere „**Samenluft**“ (Aura seminalis) durchdringe mit dem Wasser die Erdkruste und zeuge durch Befruchtung der Steinmassen ein „**Steinfleisch**“ (Caro fossilis). Nun mag ja mancher Anfänger im Sammeln schon wirkliche mineralische Gebilde wie die sogenannten Dendriten (Produkte eingedrungener Lösungen von Eisensalzen) im Kalkstein ob ihrer täuschenden Ähnlichkeit mit zarten Moospflänzchen für echte organische Versteinerungen gehalten haben. Aber das Umgekehrte zu glauben von den mehrere Meter langen Gerippen der großen Fischeidechsen (Ichthyosaurus) des

Juraschiefers oder gewaltigen Ammonshörnern (spiralig gewundene Schalen ausgestorbener Kopffüßler), die den Umfang eines Wagenrades erreichten, war doch ein starkes Stück. Und es war ein Fortschritt wenigstens über solche Verirrung hinaus, als die Zeitgenossen Keplers sich nur erst zur Schule der sogenannten „Diluvianer“ durchgerungen hatten, die über die wirkliche, vormalige Existenz der versteinerten Wesen und die ehemalige Wasserbedeckung weiter Landstrecken sich nicht weiter stritt, sondern alles auf die Sintflut der Bibel (Diluvium) zurückführen wollte, — eben im Moment, da sonst die naturwissenschaftlichen Kenntnisse der Bibelverfasser durch die Entdeckung der neuen, von der Bibel nicht erwähnten Welt des Columbus und noch mehr durch die That des Kopernikus nicht grade an Ansehen gewinnen konnten. Das war die Zeit, da der Schweizer Scheuchzer (wie schon früher einmal erwähnt) seinen fossilen Riesensalamander als armen ertränkten Sünder aus den Zeiten Noahs abbilden ließ. Immerhin war das Allerschlimmste überwunden, und Scheuchzer selbst hat es nicht an fleißigen Beobachtungen der Thatsachen, die sich hier anschlossen und schon von selbst weiter führen mußten, fehlen lassen.

Etwa hundert Jahre über Keplers Tod hinaus paktierte und parlamentierte man noch in dieser Weise mit der Bibel, so gut es gehen wollte. An einer Ecke allerdings fand man inzwischen einen neuen Ausblick. Aus Erdschlünden brach die Rotglut der vulkanischen Lava; aus der Tiefe dampften heiße Quellen; bei Erdbeben regte sich die Feste, als woge und walle es drohend da unten; im Bergwerk wuchs die Hitze mit jeder Vertiefung des Schachts. Der Jesuit Athanasius Kircher (um die Zeit von Galilei) und der geistvolle Chemiker auf der Pfaueninsel bei Potsdam, Kunkel, kamen beide auf die Idee, daß im Innern der Erde glühende Massen sich fänden, — Kunkel formulierte ziemlich plausibel die Hypothese vom Centralfeuer, die noch heute, mit mehr oder minder Wahrscheinlichkeit, in unserer Geologie sich erhält. Und wo etwas kühnerer Philosophensinn die konventionelle Schöpfungslegende der Bibel schon anzuzweifeln oder doch wenigstens phantasievoll auszudeuten wagte, da flocht man in Newtons Tagen die neuen Vermutungen ein in das Werden der Erde: Leibnitz in seiner wunderlichen „Protogaea“ (Ur-Erde) träumte schon von einem glühenden Urzustande des gesamten Erdballs, einer allmählichen Abkühlung der obersten Rinde und einem späteren Einsturz, wobei die Gesteinsschichten jene vielfach zu beobachtende schiefe und geknickte Lage erhalten hätten. Was inmitten solcher fruchtbaren Phantasievorspiele aber noch völlig mangelte, war eine klare Ordnung der Erscheinungen, vor allem ein System der Gesteinsarten selbst, deren Lagerung in Frage kam. Das achtzehnte Jahrhundert schaffte hier Rat.

In der Geschichte der menschlichen Kultur ist das achtzehnte Jahrhundert eines der am schwersten zu definierenden. Denkt man an seine großen

Philosophen und seinen sturmvollen Abschluß in dem moralischen Gewitter der französischen Revolution, so möchte man es wesentlich ein philosophisches und ethisches Jahrhundert nennen. Wieder andere, sehr sinnfällige Maßstäbe ergiebt das glanzvolle Aufblühen der Dichtung in seiner zweiten Hälfte: es ist ja auch das Geburtsjahrhundert Goethe's. Aber streng naturwissenschaftlich gefaßt ist es doch in erster Linie das Jahrhundert der Systematik.



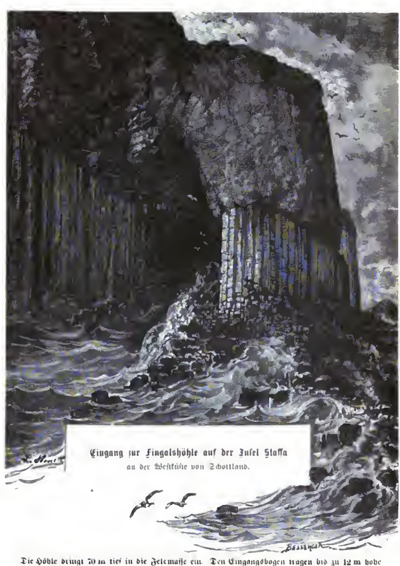
G. A. Werner.
Nach Demiani gestochen von F. Roßmäßler jun.

Linné machte die Zoologie und Botanik im eigentlichen Sinne erst zu Wissenschaften, indem er sein System schuf. Dasselbe gelang Gottlob Abraham Werner (1750—1817) für die Mineralogie, die Gesteinslehre. Es ist klar, daß sein mineralogisches System an sich schon von entscheidender Bedeutung werden mußte für die Geologie, die das allmähliche Werden dieser Gesteine feststellen sollte. Werner griff aber auch mit umfassenden Theorien selbst in die Geologie hinüber. Sein Gesichtskreis war allerdings noch ein sehr enger, — nicht nur, weil er sein Lebenlang fest am gleichen Orte wurzelte: seinem Freiberg, wo er an der Bergakademie lehrte, — sondern auch weil er nicht grade ein genial umfassender Kopf

war, der kühn alle und jede Tradition zu bewältigen verstand. Als Erbe der Sintflut-Theorie hielt sich zäh bei ihm die Überschätzung der Rolle des Wassers in der Erdgeschichte (Neptunismus). Die vulkanischen Erscheinungen waren ihm nebensächliche, lediglich moderne Dinge. Von Hebung und Senkung der Erdrinde wollte er nichts wissen: alle Wandlungen dankte man dem Wasser. Es hatte in periodenweise sich erneuernden Sintfluten (wie im Mythus der Peruaner!) die Länder immer wieder bedeckt und mit Sedimentmassen überzogen. Der Wechsel von Gebirge und Flachland war lediglich Folge der Auswaschung durch die Gewässer. Solche einseitige Wassertheorie mußte natürlich in ihren Konsequenzen zu den wunderlichsten Fehlschlüssen führen. Gewaltige Gesteinsmassen, die in verhältnismäßig später Epoche der Erdgeschichte noch glühend flüssig sich emporgedrängt haben und unter eigentümlichen Erstarrungsverhältnissen fest geworden sind (oft dabei zu mächtigen sechsseitigen Säulen im Erkalten zersprengt) — der sogenannte Basalt — mußten in Werners Hypothese als Produkt einer noch sehr spät eingetretenen allgemeinen Wasserbedeckung und also als jüngstes echtes Sedimentgestein auftreten: eine Annahme, die aufs gröbste der Wirklichkeit widerspricht. Der Basalt ist es denn in der Folge auch ganz besonders gewesen, der seine eruptive Natur noch in der Theorie bewährt und in Werners einseitig „neptunistische" Geologie das entscheidende Loch gestoßen hat.

Wie gewöhnlich war aber auch hier der erste Fortschritt über Werner hinaus eine Übertreibung nach der entgegengesetzten Richtung. Um den Engländer Hutton scharten sich zu Ende von 1700 die energischen „Vulkanisten". Hutton legte den Schwerpunkt auf die innere Erdwärme und die vulkanischen Erscheinungen. Vieles wurde so klar. Neben die Sedimentgesteine, die Produkte der Wasserniederschläge, traten die aus glühender Masse erstarrten Gesteinsarten, bei denen nun auch der Basalt seine rechte Stelle fand. Hutton war sich auch darüber nicht im Zweifel, daß die riesigen Alpenketten der Erde nicht erklärt werden könnten aus einer die Ebene rings ausnagenden Wasserthätigkeit, sondern daß hier ein Hebungsprozeß vorliege, den er sich als ein vulkanisches Phänomen ausmalte. Aber seine Überschätzung der Erdwärme verführte ihn, auch bei der Entstehung aller Sedimentschichten selbst eine notwendige Beihülfe der Wärme vorauszusetzen, und in dieser Linie verlor er, der Vulkanist, sich weiterspekulierend ebenso ins Phantastische wie der Neptunist Werner.

Das Wichtige war, daß man nun beide Faktoren, Wasser und Feuer, wenigstens klar bei einander hatte. Die Erforschung der vulkanischen Erscheinungen bot allerdings grade in der Wende der beiden Jahrhunderte so viel unerwartete Wunder, daß der Anschluß an Hutton notwendig die Überhand gewinnen mußte. Die Zeit der reisenden Geologen hatte begonnen. Der junge Alexander von Humboldt und



Eingang zur Fingalshöhle auf der Insel Staffa
an der Westküste von Schottland.

Die Höhle dringt 70 m tief in die Felsmasse ein. Den Eingangsbogen tragen bis zu 12 m hohe Basaltsäulen. Die ganze Masse stellt einen ursprünglich in heißflüssigem Zustande hervorgequollenen Basaltstrom dar, der beim Erkalten sich im oberen Teile massiv erhalten hat, während die unteren Partien in regelmäßige Säulen zerfallen sind. Der Streit über die wahre Entstehungsart des Basalts bedeutet einen **Wendepunkt** in der **Geschichte der Geologie.**

Leopold von Buch, beide zu Hutton bekehrte Schüler Werners, durchstreiften die seltsamsten vulkanischen Gebiete der Erde, vor allem Humboldt die einzigartige Kraterwelt Mittel- und Südamerikas. Die Astronomie



Gesamtansicht der Insel Staffa mit ihren Basaltsäulen.

hatte inzwischen mehr und mehr die Lehre von einer Loslösung des Erdballs als feuriger Masse vom Sonnenkörper zum Ausgangspunkt der ganzen Erdgeschichte zu machen versucht. Im Angesicht der riesigen Vulkanthätigkeit an den verschiedensten Orten dieser Erde schien sich der Gedanke nun von

selbst aufzudrängen, daß die im Laufe der geologischen Epochen entstandene, abgekühlte **Erdkruste doch noch nicht allzu dick** sei, daß jeder thätige Vulkan ein Fenster, ein Ventil in ihr bilde, aus dem innere Glut sich wälze, man vergrößerte sich diese Vulkankraft noch für die früheren Zeiten ins Ungeheure: kein Wunder, daß die Erdgeschichte einen **stürmisch-vulkanistischen** Anstrich erhielt. Von Beeinflussung durch irgend eine religiöse Sintflut-Tradition waren die leitenden Männer dieser Zeit schon ganz frei. Das Studium der sanfteren Sedimentbildungen war aber überhaupt eine Weile lang sehr viel weniger anziehend, da es an einem rechten Unterscheidungsmerkmal für das Bestimmen der gleichzeitig abgelagerten Schichten bisheran fehlte. In dem anziehenden Gewebe dieser so ungemein rasch sich entfaltenden Wissenschaft sollte der neue, aus dieser letzteren Ecke kommende Einschlag zum Glück nicht lange auf sich warten lassen, ja sich beinahe mathematisch genau dann einstellen, als die vulkanistische Theorie durch das schwere Gewicht der einseitig für sie aufgehäuften, wenn auch an sich wundervollen und begeisternden Beobachtungen das normale Gleichgewicht ernstlich zu schädigen drohte.

Die Rettung kam aus einer neuen Ecke: der **Verknüpfung von Geologie mit Zoologie und Botanik.** An zoologisch geologische Thatsachen — die Existenz versteinerter Muscheln im Gebirge und Binnenland — hatte der Aufschwung der Geologie einst überhaupt angeknüpft. Aber die Geologie hatte sich seit Werner mehr und mehr dann in mineralogische Untersuchungen und daran angefügte Erklärungshypothesen vertieft und jenen Anschluß einstweilen für die Zukunft vertagt. Nun hatte aber die **biologische** (von den **lebenden Wesen** handelnde) **Wissenschaft** inzwischen für sich eine großartige Entwickelung durchgemacht. Es ist im Moment, da diese bisher parallelen Linien zu einer Durchkreuzung sich neigen, notwendig, jene andere aufstrebende Bahn kurz auch in ihren hierher führenden Phasen zu betrachten: das geradezu wundervoll dramatische „Klappen“ der Ereignisse in diesen zur Gegenwart strebenden letzten anderthalb hundert Jahren bietet ja an sich schon eine so einzigartige Probe auf die im Quadrat zunehmende Schnelligkeit und Folgerichtigkeit der endlich ins Rollen gebrachten Naturerkenntnis, daß ein vollständiges Wiedergeben dieser einen, vielleicht schönsten Kette sich doppelt rechtfertigen darf.

Zehn Jahre nach dem Tode des Columbus 1516, in der Zeit da Kopernikus bei der besten Arbeit war, wurde zu Zürich **Konrad Gesner** geboren. **Mit ihm beginnt die neuere Biologie.** Allerdings, der so späten Blüte dieser Wissenschaft entsprechend, ohne Glanzeffekte, ohne weltenstürmende That gleich der des Kopernikus oder Kepler, — sehr klein sehr nüchtern, sehr mittelalterlich angehaucht. Immerhin: sie beginnt.

Persönlich ist Gesner eine Gestalt, die sich wohl sehen lassen darf neben den Geistesgewaltigen dieses unerschöpflichen sechzehnten Jahrhunderts. Ausgerüstet mit einem der Riesengehirne jener Zeit, die aus tausendjährigem Schlaf zu verzehnfachter Arbeitsleistung erwacht schien, ist er mit 21 Jahren



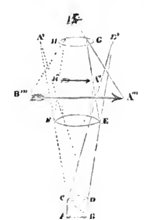
Conrad Gesner, geb. 1516, gest. 1565.
Nach einem alten Stich.

Professor der griechischen Sprache in Lausanne, der einen Universalkatalog aller klassischen und hebräischen Schriften zusammenstellt und in der Litteraturgeschichte Unschätzbares wirkt. Ein paar Jahre später, 1541 (also kurz vor Kopernikus' Tod und fünf Jahre vor Tycho's Geburt), hat er sein ganzes Studiengebiet total verändert, ist Arzt in Zürich und wird der größte Zoologe seiner Zeit. Er stirbt, als Galilei geboren wird. Seine Tierbeschreibungen, so viel Fabeln sie im einzelnen mitschleifen mochten, gaben die ersten scharfen Bilder der Formenfülle der organischen Welt. Was

ihnen fehlte, war der Ariadnefaden irgend einer festen Ordnung. Aber der Wunsch nach einer solchen, das Interesse an dem Ganzen war durch Gesner geweckt. Die Tierwelt war so lange nur ein ziemlich überflüssiger Anhang zu einer Welt gewesen, in deren Mittelpunkt hinein Gott den Menschen geschaffen und deren Wohl und Wehe bis auf den jüngsten Tag abhängig sein sollte von den Sünden oder Tugenden dieser Menschenkinder. Mit Gesner aber kam man wieder auf die Sonderfreude am Tier, — die Größe des Gebietes enthüllte sich, und es war nur eine Konsequenz dieses ersten Schrittes, daß man in der Folge dann auch hier natürliche Offenbarungen zu ahnen und zu suchen begann, die ganz andere Erkenntnis umschlossen, als sie die Bibel gewährt.

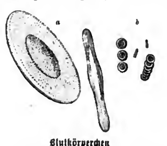
Der Anfang von 1600 bringt der von Gesner begründeten Wissenschaft vom Leben einen ebenso unerwarteten Glückszuwachs, wie er der Astronomie im Fernrohr Galilei's und Keplers in den Schoß fällt: von Zacharias Jansen (oder wenigstens in seiner Nähe und Zeit) wird um 1590 das Mikroskop erfunden.*) Es bedeutete eine neue Welt an unerwartetster Stelle. Seit der Zeit der Kreuzzüge war es in unabsehbarer Fülle herangewachsen an grotesken, ungeheuerlichen Tiergestalten: die beginnende Zoologie glaubte das Wunder aller Wunder erschöpft im Nashorn, im Krokodil, im Walfisch. Jetzt aber, da die Holländer Swammerdam und Leeuwenhoek in die Zauberröhre des Mikroskops ihre Blicke versenkten, erschien das Alltäglichste und Kleinste erst als das vollkommene Wunder.

Im durchsichtigen Schwanz der lebenden Froschlarve gewahrte Leeuwenhoek, als er seine Vergrößerungslinsen anwendete, die schwimmenden Blutkörperchen, die dem „ganz besondern Saft“ seine rote Farbe geben. In der Samenflüssigkeit wies das neue Instrument lebhaft sich schlängelnde, scheinbar mit einem Kopf und Schwanz versehene Körperchen anderer Art nach: „Samentierchen“ nannte man sie, — heute wissen wir, dank dem noch verbesserten Mikroskope — daß Samentierchen wie Blutkörperchen nichts



*) Die nebenstehende Figur zeigt schematisch die Art der Vergrößerung beim zusammengesetzten Mikroskop. Der Körper, der vergrößert werden soll, $A-B$, würde von der sogenannten Objektivlinse, $C-D$, in das Bild $A'-B'$ verwandelt werden, die Kollektivlinse $F-E$ erzeugt aber das Bild schon in $B''-A''$, und dieses Bild wird nun vom Auge, das es durch die oberste Linse, die Okularlinse ($H-G$), anschaut, in deutlicher Sehweite zu $B'''-A'''$ vergrößert (allerdings auf dem Kopfe stehend) erblickt.

anderes sind als bestimmte Formen der **organischen Zelle**, des Grundelements, aus dem alle höheren Organismen, Tiere wie Pflanzen, unterschiedslos aufgebaut sind und deren sinnvolle „**Arbeitsteilung**“ allein das Fortarbeiten auch unseres eigenen komplizierten menschlichen Körperapparats ermöglicht. Erschienen also hier die ersten Spuren von den **Bausteinen** der lebenden Wesen, so zog im tierdurchwimmelten Tropfen schmutzigen Teichwassers das Mikroskop Millionen solcher Wesen selbst überhaupt zum erstenmal ans Licht, — ans Augenlicht des kurzsichtigen Menschen, der von diesem üppigen Leben der „**Infusorien**“, der unsichtbaren Kleinsten rings um ihn her so wenig etwas gewußt, wie der Sternforscher vor Galilei von den viele Millionen Meilen von der Erde entfernten Monden des Planeten Jupiter. Ganze Zweige der Biologie waren mit einem Schlage eröffnet. Der innere Leibesbau der Insekten bot sich dem erstaunten Blick. **Malpighi** zergliederte den Seidenschmetterling. **Swammerdam** wickelte den Schmetterling aus der Puppe und begann das Geheimnis der Metamorphose endlich aufzuhellen. Im befruchteten, unter dem geschärften Auge sich sichtbarlich verwandelnden Ei des Frosches schaute er als Erster den Teilungsprozeß, das Zerfallen des Eies in zwei, dann vier und dann zahlreiche Zellen, aus denen sich später der



Blutkörperchen
von oben und von der Seite gesehen
(Nach **Ecker**.)
a Höhlenmolch. b Mensch.
Die Blutkörperchen wurden, als eines der ersten Resultate der Benutzung des neuerfundenen Mikroskops, von **Anton von Leeuwenhoek** (1632—1723) entdeckt

kunstvolle Organismus fügt. Und mit banger Ahnung gestand man sich inmitten der Fülle des jählings Andrängenden, daß man von hier aus in das **Geheimnis der Zeugung** selbst werde eindringen können und damit der innersten Werkstatt der Natur nahe kommen müsse: **Jan Swammerdam** (Zeitgenosse Otto von Guericke's), der geistreichste und menschlich liebenswürdigste unter jenen ersten Aposteln des Mikroskops, ist gegen Ende seiner Bahn geisteskrank geworden unter dem Sturm des für sein zartes Gemüt allzu verheerenden Ketzergedankens, daß eine „**Bibel der Natur**“ (er selbst nannte sein Werk im ersten Feuer so) hier an die Stelle der überlieferten Bibel treten wolle und daß selbst eine so harmlose Einzelthatsache wie die Metamorphose des Schmetterlings in Wahrheit ein Axtschlag sei wider die ganze Vergangenheit und ein Todesurteil über ihre mittelalterliche Weltanschauung.*) So tief prägte sich diesen Ersten schon das Bewußtsein

*) Wie Luther den Kopernikus aus der biblischen Legende von Josua zu widerlegen suchte, so klagten die Starrgläubigen von 1674 den Mikroskopiker **Franciscus Redi** von Florenz der Ketzerei an, als er nachwies, die Fliegen-

der Folgen ihrer That ein, — eine Mahnung an unsere Generation von heute, die bisweilen in den Kreisen müßigen Halbwissens von einer doch noch möglichen Versöhnung zwischen dem starren Glauben des Mittelalters und den Ergebnissen einer nun schon mehrhundertjährigen naturwissenschaftlichen Forschung phantasiert!

Ein Vierteljahrhundert bereits nach Swammerdams frühem und trübem Ende erblickte in einem Pfarrhause zu Räshult in Smaland (Schweden) **Karl von Linné** das Licht der Welt. Linné ist eine von den klaren, gesunden Naturen, wie sie grade die Naturforschung jener Zeit brauchte. Schon in dem kleinen Knaben bricht der Hang zum Sammeln und Anschauen von Pflanzenformen mit der Wucht einer elementaren, die ganze Geisteskraft ausschließlich absorbierenden Anlage durch. Der verzweifelnde Vater schickt den scheinbar zu nichts „Vernünftigem" geeigneten Jungen zu einem Schuster in die Lehre. Aber, wie nachmals der in manchem so verwandte große Realist unter den Physikern, Faraday, weiß der Lehrling sich doch für sich weiterzubilden, er wirft alle Schranken und findet schließlich als Professor in Upsala den rechten Platz, den seine seltsam einseitige Kraft verlangt. Gleichzeitig Zoolog und Botaniker, beginnt er auf beiden Gebieten mit einer ungeheuren Aufräumungsarbeit. **John Ray** in England hatte bereits in Swammerdams Tagen den Begriff der „Art", der Species festgestellt und damit eine Handhabe gegeben, um durch die enorme Stoffmasse, die sich besonders in den letzten beiden Jahrhunderten aufgehäuft, endlich einmal durchzukommen. Er hatte auch schon begonnen, jede dieser Arten durch eine feste, immer wiederzufindende Bezeichnung zu fixieren. Seit Ray war der Stoff nun noch einmal beinah aufs Doppelte angewachsen und jetzt endlich **that die Hand eines entscheidenden Organisators not.** Mit Riesengriffen zimmert Linné also sein **System** auf. Er scheidet in große Klassen, in Ordnungen, Gattungen und Arten. Jede Art erhält einen lateinischen Doppelnamen. Und so grob, so willkürlich oft die Anordnung bleibt: — es wird trotz alledem Licht. Aus einem wüsten Raritätenkabinett formt sich ein wohletikettiertes Museum. Allerdings in vielem — bloß ein Museum. Was diese Arten, diese Gattungen und noch größeren Gruppen eigentlich im Leben, in der Natur selbst sind, was für ein Rätsel in ihrer Existenz steckt, danach fragt Linné zunächst nicht. Mit der Museumsetikette wird man jedes Tier, jede Pflanze auch draußen wiederfinden können, — das ist das Wesentliche.

Es hält der Nachwelt oft schwer, solche Ordnungstalente richtig zu

maden im faulen Fleische entständen nicht „von selbst", sondern entwickelten sich regelrecht aus den Eiern, die von Fliegen vorher in das Fleisch gelegt seien. Denn in der Bibel, im „Buche der Richter", so hielt man dem Naturforscher vor, werde ausdrücklich die Entstehung eines Bienenschwarms direkt aus dem Aase eines Löwen erwähnt!

würdigen. Uns ist es heute befremdlich, wie eng der Horizont dieses großen Linné war, wenn man die Weltanschauungsfrage berücksichtigt. Hundert Jahre nach Galilei's Martyrium stand er noch auf dem engsten Boden der mosaischen Schöpfungslegende. Gott hatte jede einzelne Art von Beginn an so geschaffen, wie sie war. Die Stammesverwandtschaften der Arten, die



Karl von Linné, geb. 1707, gest. 1778.
(Nach einem Gemälde, dessen Meister unbekannt. Diese Tracht benutzte er auf seiner lappländischen Reise.)

im Grunde allein die Zusammenfassung in große Gruppen, vor allem in Gattungen und Ordnungen ermöglichten, deutete der Ordner nicht: — in ihnen steckte ein Mysterium des Schöpfers, dem er nicht nachzuspüren trachtete. Aber man vergißt, wenn man das verzeichnet, daß Linné's Größe zum Teil grade in seiner Einseitigkeit bestand. Wenn ein Spiel Karten kunterbunt vor mich hingeworfen wird, ohne daß ich die Spielart kenne, so ist gewiß die Frage die tiefere, nach welchen Gesetzen

diese Karten grade so bezeichnet sind. Aber ehe ich darüber zu irgend einer Vermutung kommen kann, ist zweifellos der erste und notwendigste Schritt, daß ich die Karten einmal nach irgend welchen besonders aufdringlichen Ähnlichkeiten grob sondere: vielleicht nach der Farbe, vielleicht nach Pik, Aß, König u. s. w., jedenfalls aber in irgend einer Weise, die eine Übersicht verspricht. Grade die Beschränkung auf das Erste und Nötigste absorbiert in solchem Falle so viel Genie, daß man nicht auf einen Mangel an diesem schließen darf, weil der Weg nicht noch weiter verfolgt ist. Nun muß man aber vollends, um das Bild in rechte Parallele zu bringen, sich vergegenwärtigen, welche enormen Lücken das Wissen zeigte, über dem Linné als Ordnungsgenie stand. Betrachtet man seine großen Klassen im Gebiete etwa des Tierreichs, so sieht man das auf den ersten Blick. Die Säugetiere, die Vögel hatte er fest, — wobei übrigens zu beachten ist, daß er die seltsamsten, am meisten aus jeder Schablone herausfallenden Säuger, die eierlegenden Schnabeltiere, noch gar nicht kannte. Als dritte Klasse folgt aber bei ihm schon ein Sammelbegriff: die „Amphibien", der in Wahrheit wenigstens zwei strenge Gruppen (Reptilien: Eidechsen, Schlangen, Schildkröten; und echte Amphibien: Froschlurche, Schwanzlurche und Blindwühlen) umschließt und eventuell (mit Heranziehung der Lurchfische und Absonderung der neuseeländischen Hatteria und verschiedener heute ganz ausgestorbener Formengebiete) in noch mehr sich zerspällt. Die vierte Klasse, Fische, kann nur mit knappster Not heute noch als geschlossen gelten, — der Störenfried Amphioxus war jedenfalls noch nicht entdeckt, als Linné schrieb. Die fünfte Klasse, „Insekten", bezeichnete einen Fortschritt und hat sich in unseren „Gliederfüßlern" (Arthropoden) mit einiger Erweiterung erhalten. Dann aber kommt als letzte Hauptgruppe der tolle Kollektivbegriff „Würmer", der noch das vollständige Chaos umschloß und so recht zeigte, wo erst die Detailforschung einsetzen mußte, nämlich unten, bei den Kleinen, und vor allem bei der vernachlässigten Meer-Fauna. Das System der Pflanzen war noch sehr viel willkürlicher infolge mangelnder Kenntnisse. Linné beherrschte noch nicht ganz 8000 Gewächsarten; 1817 zählte Alexander von Humboldt schon 44 000, 1849 schätzte er auf 100 000; 1855 glaubte de Candolle erst bei 200 000 Halt machen zu dürfen. Die annähernd sichere Zahl mag heute **wenigstens** bei 150 000 stehen. Von der geographischen Verbreitung der Pflanzen, den Pflanzenzonen, gab Linné selbst eine erste Skizze, — der eigentliche Fortschritt kam aber erst mit Humboldt. So unvergleichlich wichtige Verhältnisse des höheren Pflanzenlebens wie, um nur ein Beispiel herauszuheben, die Wechselwirkung zwischen Insekten und Blüten, sind erst in allerneuester Zeit klar gestellt worden. Hier mußte also vollends das erste scharfe System ein rein provisorisches Hilfsmittel werden, es mußte ein „**künstliches**" für den **reinen Anfangsgebrauch** sein, — und Linné hat, was denn doch auch betont werden sollte, aus dieser

„Künstlichkeit“ gar kein Hehl gemacht und ein „natürliches System“ als die Aufgabe der Zukunft selbst mit Energie hingestellt.

Was Linnés Wirkungskreis für seine und die folgende Zeit noch ganz wesentlich erweiterte, war der enorme Einfluß, den sein handliches System als allgemeines Anreizungsmittel zum zoologisch-botanischen Studium ausübte. Gab auf der einen Seite das System und vor allem die feste Gattungs- und Speciesbezeichnung durch lateinische Namen der Wissenschaft einen Zusammenschluß, etwas Einheitliches, das bisher nicht existiert hatte, so war in anderer Hinsicht jetzt erst jene fruchtbare Specialistenforschung überhaupt ermöglicht, die dem Gesamtwissen so Ungeheures gewirkt hat. Jeder Reisende konnte mit diesem Kompendien in der Hand sich wenigstens annähernd auch im fremdesten Gebiet orientieren. Der Einzelliebhaber hatte jetzt einen Halt, ein Greifbares, das ihm die Wissenschaft als Grundlage gab. Beide haben in der ersten Zeit grade nach und neben Linné das Staunenswerteste, alles Frühere weit Überflügelndes, geleistet. Seit man das System des Vorhandenen hatte, wußte man erst klar zu schätzen, was alles noch zu thun war.

Einzelne weiter blickende Geister empfanden allerdings das Museumhafte, das künstlich Schablonisierende der neuen systematischen Richtung als Zwang, ohne aber zur Klarheit darüber zu gelangen, wie dem abzuhelfen sei. Der Franzose Buffon, ein feiner, vornehmer Geist in glänzendster Lebenslage, wollte das Tierreich mehr in seiner lebendigen Ganzheit erfassen und entwarf in langer Bänderreihe ein farbenreiches Riesengemälde, das durch die plastische Kraft seiner Sprache und die überreichen Hilfsmittel des begünstigten Mannes, der die beste Sammlung der Zeit und die aufopferndsten Mitarbeiter zur freien Verfügung hatte, auf lange hinaus allerdings zu einer Schatzkammer aller vom System unabhängigen, das „Tierleben“ betreffenden zoologischen Kenntnisse wurde. Aber es ist bezeichnend, daß grade diese universale Riesenleistung des klassischen Stilisten in den folgenden Auflagen nur dadurch weiterhin nutzbar erhalten werden konnte, daß die Fortsetzer und Ergänzer die Linné'sche Namensbezeichnung — nicht ohne Mühe und Konfusion — jedem Buffon'schen Tierbilde nachträglich doch noch beifügten.

Buffon starb am Vorabend der französischen Revolution, die ihn, den echten Hofgelehrten des selbstherrlichen alten Königtums, unfehlbar auch zerschmettert hätte, 1788. Im gleichen Jahre hielt ein junger, eben achtzehnjähriger Landsmann des greisen Meisters seine ersten Vorträge über Naturgeschichte: George Cuvier. Mit ihm stehen wir wieder bei der Anknüpfungsstelle zur Geschichte der Entwickelungslehre, die wir oben verlassen. Man erinnert sich, daß Werner den Neptunismus um die Zeit von Linné's Ausgang (1778) begründet, Hutton den Vulkanismus etwas später in Gegensatz dazu gestellt hatte, und daß zu Beginn des neuen

Jahrhunderts dieser Vulkanismus die Geologie mehr und mehr zu beherrschen begann. Mit Cuvier erscheint jetzt der Zoologe, der allem wirklich und scheinbar Errungenen der Geologie eine neue Grundlage geben sollte.

Es steckt ein unverkennbarer Zug vom Geiste der napoleonischen Epoche



George Louis Leclerc, Graf von Buffon.
geb. 1707, gest. 1788.
Nach einem Gemälde von Drouais le Fils 1761 gestochen von Chevillet 1773.

in George Cuvier. Ein Organisationstalent wiederum von ganz anderer Art, als es Linné gewesen, ohne dessen schlichte, bei einer gewissen Beschränkung in sich harmonische und friedliche Größe, — herrischer und gewaltsamer, aber auch weitblickender, freier und kombinatorischer, — eine Natur, die unvergleichlich Gewaltiges leisten mußte, sobald sie auf der rechten Fährte war, die aber auch ein Tyrann in ihren Irrtümern wurde und — im Bewußtsein, nirgendwo der faulen Konvention, sondern stets dem individuellsten

Selbstdenken zu folgen — solche Irrtümer mit der ganzen Blindheit des verirrten Genius zu verfechten verstand. Von dem naiven Bibelglauben Linné's besaß der geistvolle Mann keine Spur; aber wie der freigeistige Revolutionssohn Napoleon als Cäsar den kirchlichen Kultus wieder in seine Nähe zog, weil ihn Nützlichkeitsgründe und diplomatische Raison dazu bestimmten,



George Cuvier, geb. 1769, gest. 1832.
Gemalt von Pickersgill, gestochen von Doo

so hielt Cuvier fest wenigstens an dem Begriff der „Erschaffung", weil er ihm vorläufig immer noch als der bequemste erschien, — wenn er auch bald sich gezwungen sah, dem Buchstaben der Bibel Ausdeutungen zu geben, die verwickelter waren als einst die Planeten-Epicykel vor Kopernikus.

Auf zoologischem Gebiet pflückte Cuvier zunächst eine Frucht, die in den Jahren seit Linné's Auftreten langsam gereift war. An Stelle der

sechs abwärts steigenden Klassen Linné's setzte er in befreiender That eine Anzahl paralleler Haupttypen, deren Grundanlagen nach seiner Auffassung fundamental verschieden waren: unabhängige „Schöpfungspläne“ verkörperten. Er unterschied vorläufig vier: die Wirbeltiere (vom Menschen bis zu den Fischen), die Mollusken, die Gliedertiere (Insekten, Spinnen- und Krebstiere und ein Teil der Würmer) und endlich die Radiärtiere. Die letzte Rubrik umschloß auch jetzt noch ein Potpourri aus den verschiedensten Formen, das nachmals eine Anzahl scharfer Sondertypen liefern sollte: Stachelhäuter (Seesterne, Seeigel u. s. w.), Cölenteraten (Korallen, Polypen, Medusen u. s. w.) u. a. Das neue System Cuviers war ein enormer Fortschritt nach der Seite eines natürlichen Systems hin. Die Abstammungslehre allerdings sollte erst viel später klar zeigen, was dieses „natürlich“ eigentlich bedeute: für sie wurden Cuviers „Schöpfungstypen“ zu ebenso vielen „Stämmen des Tierreichs“, — Entwickelungslinien, die von einer wahrscheinlich gemeinsamen Basis aus sich parallel und unabhängig voneinander im Laufe der Erdgeschichte emporgegipfelt. Cuvier ahnte von dieser höchsten Bedeutung seines Fundes nichts: der echte stürmische Organisator, der mit durchdringendem Scharfblick in der Praxis seine Kolonnen zu ordnen weiß, aber keinen Begriff davon hat, welche Konsequenzen für den großen intellektuellen Fortschritt sich daraus ergeben müssen! Cuviers Interesse aber — und hier naht der entscheidende Punkt, wo er die Entwickelungsgeschichte der Welterkenntnis unmittelbar berührt und, wenn auch in seiner Weise und im Besten fast wider Willen, gefördert hat —, wandte sich nicht allein den lebendigen Tierformen, sondern auch der stets gigantischer anwachsenden Fülle von Thatsachen über eine heute erloschene, in Urzeiten der Erde vorhandene und nur in Knochen und Abdrücken des Sedimentgesteins uns überlieferte Tierwelt zu.

Man war in der letzten Zeit vor Cuvier auf immer evidentere Zeugnisse für die Existenz einer solchen Tierwelt geraten. Längst war das Mammut-Elfenbein aus den unerschöpflichen Gräberstätten ausgestorbener Dickhäuter in Sibirien ein Handelsartikel. Geschickte Zeichner mühten sich, in kunstvollen Kupfern die wunderliche Gestaltenwelt fossiler Muscheln und Kopffüßler-Schalen (Ammonshörner) wiederzugeben. Buffons lebhafte Phantasie schaute in stürmischen Bildern den Untergang und das Neuwerden jener entschwundenen organischen Welt, in seltsamem Gemisch von glücklichen, dem Darwinismus vorausdeutenden Schlüssen und wilder, völlig haltloser Spekulation. Ganz zu Ende des Jahrhunderts faßte dann ein von allem geologischen Schulwissen der Zeit ziemlich unberührter, aber in freiem Selbstdenken vor den Thatsachen doppelt kraftvoll geschulter englischer Ingenieur William Smith (geb. 1769, im Geburtsjahre Napoleons I. und Alexander von Humboldts!) seine reichen Lokalkenntnisse zu einem glücklichen

Satz zusammen, der mit einem Schlage dieser „Paläontologie“, der Lehre von den ausgestorbenen Tier- und Pflanzenformen, eine unvergleichlich weittragende Bedeutung für die Geologie gab. Als Laie, der keinerlei Parteistellung zu Hutton und Werner besaß, machte Smith bei langjährigen Berufsarbeiten im Straßen- und Kanalbau die Entdeckung, daß nicht nur jede einzelne Sedimentschicht wirklichen Wasserniederschlägen einer bestimmten Zeit ihren Ursprung verdanke, sondern auch, daß jede Zeitepoche, in der sich eine dieser Schichten abgesetzt, ihre besondere Tierwelt, vor allem besondere Muschelformen, besessen habe. Und er zog den Schluß, daß man, die Grundthatsache einmal zugegeben, nun auch aus dem Vorkommen bestimmter, für eine Epoche charakteristischer Tierreste in irgend einem beliebigen Schichtgestein dessen Zugehörigkeit zu einer bestimmten Epoche in der Reihenfolge nachweisen könne, — mochte das Gestein auch dem anderswo durch die gleichen Fossilien gekennzeichneten noch so unähnlich sein. Ein Mittel war gegeben, die durch allerlei Umstände veränderten und in andere Lagen verworfenen Fetzen gleichsam der in jeder geologischen Epoche abgesonderten „Erdhäute“ stets wieder zusammenzufinden und zu klaren Übersichtskarten aneinanderzustückeln. Zum erstenmal stellte Smith eine Tabelle der scharf zu sondernden Schichten auf Grund ihrer „Leitmuscheln“ auf, und er krönte seine eiserne Lebensarbeit mit einer mustergiltigen geologischen Karte Englands, — ein echter Pionier des Fortschritts, der als „Laie“ eine „Wissenschaft“ im edelsten Sinne begründen durfte.

Mit Smiths That war der Anstoß gegeben, der das Studium der Paläontologie (d. i. der ausgestorbenen Organismen) zum aktuellsten für die ganze Erdgeschichte machen mußte. Cuvier griff die bereit gelegte Axt auf und machte sich, von trefflichsten Mitarbeitern unterstützt, an die große Aufgabe heran. „Das Werk dieses ausgezeichneten Naturforschers über die fossilen Knochen“, sagt Karl Vogt, „ist unstreitig eines der schönsten Denkmäler, welche sich der menschliche Geist in den beschreibenden Naturwissenschaften gesetzt hat, und sein Einfluß nicht nur auf die Paläontologie, sondern auch auf die vergleichende Anatomie der lebenden Tiere noch jetzt unberechenbar. Cuvier begann zuerst mit der Untersuchung der fossilen Säugetierknochen, die sich in den Tertiärschichten des Pariser Beckens finden, und verfuhr in dieser Untersuchung in der Art, daß er die genaueste Vergleichung aller Einzelheiten im Bau der Knochen mit den Knochen verwandter lebender Tiere sich zur Aufgabe machte. Indem er so die Charaktere kennen lernte, welche verschiedenen Geschlechtern und Arten zukommen, konnte er sich mit Bestimmtheit darüber aussprechen, ob die fossilen Knochen einer lebenden oder ausgestorbenen Art, einem lebenden oder ausgestorbenen Geschlecht angehören. So ging dann als erstes allgemeines Resultat dieser bewunderungswürdigen Arbeit der Grundsatz hervor, daß die fossilen Säugetierknochen alle ausgestorbenen Arten angehörten und daß die Zahl der

ausgestorbenen Geschlechter um so größer werde, je weiter man in den Formationen zurückgreife. Ein zweiter allgemeiner Grundsatz, den Cuvier aufstellte, ist in neuerer Zeit vielfach und mit Recht bestritten worden, da er nur in eng beschränkten Kreisen Geltung hat. Man kann diesen Grundsatz unter dem Namen der Korrelation der Charaktere bezeichnen. Cuvier behauptete nämlich, die einzelnen Charaktere der Tiere bedingten sich wechselseitig in der Art, daß man aus dem Vorhandensein des einen derselben auf die übrigen schließen könne. Eine gewisse Form der Zähne z. B. sollte, nach Cuvier, auch eine bestimmte Anordnung der Gliedmaßen des Rumpfes, des Schädels u. s. w. bedingen. Auf diesen Grundsatz gestützt, wagte Cuvier Konjekturen über Tiere, von welchen nur einige Bruchstücke bekannt waren. Der Grundsatz an sich ist unleugbar vollkommen richtig. Ein reißendes Tier z. B., das seine Beute mit den Tatzen packen soll, wird niemals ganze oder einfach gespaltene Hufe besitzen. In der speciellen Anwendung aber erleidet dieser Grundsatz sehr viele Ausnahmen, weil die speciellen Gruppen, die man bis jetzt aufgestellt hat, häufig durchaus nicht mit der Natur und noch weniger mit der historischen Entwickelung der Typen übereinstimmen und deshalb Verbindungen von Charakteren existieren können, welche außerhalb des Bereiches der jetzt bekannten Verbindungen fallen. Übrigens erkannte Cuvier dieses sehr wohl und wandte seinen Grundsatz nur sehr sparsam und in wenigen Fällen an, so daß der Mißbrauch, den einige seiner Nachfolger trieben, ihm sicherlich nicht zur Last gelegt werden kann."

Für die Zeitgenossen hatte Cuviers Methode, mit ihrer wundervollen Sachbeherrschung im Bunde mit der rücksichtslosen Entschiedenheit seines herrischen Naturells, etwas geradezu Berauschendes. Er gab die ersten wissenschaftlich brauchbaren Wiederherstellungen seltsamer, vor Jahrmillionen entschwundener Tierformen. Aus wenigen Knochen konstruierte er gelegentlich das ganze Bild eines tapirartigen Huftiers der Sumpfwälder früher Tertiärzeit, des **Palaeotherium magnum**: die Zeichnung des Meisters steht heute in der paläontologischen Prachtsammlung des Jardin des Plantes zu Paris neben einer nachmals aufgefundenen Riesenplatte mit dem nahezu vollständigen und der Zeichnung in der That entsprechenden Skelett. Und wie in den Tagen Galilei's der Himmel selbst in Kometen und neuen Sternen seine Wunder anzupreisen schien, so drängte sich zur Erhöhung von Cuviers Glanz jetzt auch noch ein zufälliger Fund an den andern, der die Tiergeschichte der Vorzeit jäh erhellen half. Aus dem Eise Sibiriens taute jener mit Haut und Fleisch noch umhüllte **Mammutelefant**, der heute das Petersburger Museum ziert. (Vergl. das Bild auf Seite 40.) Der Pampaslehm Südamerikas öffnete sich und spie das tadellose Skelett des scheußlichsten aller vorzeitlichen Tiergiganten, des über vier Meter langen Riesenfaultiers **Megatherium** aus. Kein Wunder, daß vor so überzeugenden und begeisternden Resultaten Cuvier den Mut bekam, seine

paläontologischen Studien zu einem Gesamtsystem der Erdgeschichte zu verwerten weit über den engeren Bestimmungszweck für die Schichtenfolge der Sedimente hinaus. Das Ergebnis war die sogenannte Katastrophenlehre. Jede Epoche der Erdgeschichte, so lehrte Cuvier (in Vervollkommnung von Smiths Ideen) hatte ihre besondere, später nicht wieder auftretende Tier- und Pflanzenwelt. Woher stammte dieser Wechsel? Und gab es nicht doch irgend einen geheimen Zusammenhang zwischen den scheinbar getrennten Zeitaltern? Cuvier verneinte aufs entschiedenste jeden Zusammenhang. Innerhalb jeder Epoche hatten sich nach ihm langsam und friedlich die Sedimente abgelagert, erfüllt mit Resten der für die betreffende Epoche charakteristischen Organismen. Je zwischen zweien der Epochen aber fügte sich eine „Sturmzeit“ ein. Ungeheure Katastrophen hatten da die Erdoberfläche verheert und alles Lebende mit Stumpf und Stiel hinweggefegt. Auf der verödeten Rinde aber hatte nunmehr eine „Neuschöpfung“ stattgefunden, die zahllose Pflanzen und Tiere einer zwar im Plan ähnlichen, aber in allen Details doch ganz wesentlich umgeformten Art neuzeugend hervortrieb. „Discours sur les révolutions de la surface de Globe“ (Abhandlung von den gewaltsamen Veränderungen auf der Erdoberfläche) nannte sich die Studie, in der Cuvier seine Lehre eingehend vortrug, — noch heute ein geistvolles und lesenswertes Buch trotz der zweifellos verkehrten Schlüsse, zu denen es kommt. „Die Astronomen“, heißt es in der Einleitung, „sind rascher gegangen als die Naturkundigen (d. h. die Erforscher der drei Naturreiche auf der Erde). Die Erkenntnisepoche, in der heute die Geologie steht, gleicht in manchem noch jener, da gewisse Philosophen den Himmel sich als steinernes Gewölbe dachten und vom Monde meinten, er sei so groß wie der Peloponnes.“ „Aber“, fährt Cuvier mit Selbstgefühl fort, „auf Anaxagoras folgten Kopernikus und Kepler, die den Weg zu Newton bahnten: warum sollte die Geschichte der Natur nicht eines Tages auch ihren Newton finden?“ Cuviers Katastrophenlehre war, wie wir heute bereits sagen dürfen, ein Fortschritt weittragendster Art, — aber sie war auch in jedem Zuge ein Kind der „gewaltsamen“ Zeit der Geologie. Sie verhalf den langen Epochen, in denen die Bildung der Sedimente erfolgt war, zu Ordnung und Recht. Nur daß sie dem tobenden, mit ungeheuerlichen Erdkräften arbeitenden Vulkanismus dafür die Konzession machte, auch ihm je zwischen zwei Epochen freiesten Raum zu gewähren, und außerdem einer Schöpferthätigkeit bedurfte, die jedesmal prompt eintrat, wenn die große Katastrophe tabula rasa gemacht. In der Ausmalung der ungeheuren Umwälzungen je zwischen zwei Perioden blieb der Phantasie ein lustiger, an keinerlei hemmende Beobachtung gebundener Tummelplatz. Bernhard von Cotta kennzeichnet das anziehend durch einen Rückblick in seiner „Geologie der Gegenwart“, die ein halbes Jahrhundert später geschrieben ist. „Im Anfang dieses Jahrhunderts hatten die

Geologen noch ihre besondere Vorwelt, in der sie die Phantasie frei walten ließen, beinahe ungebunden durch die Gesetze der Natur, am wenigsten durch die tägliche Erfahrung. Nichts hinderte sie, in dieser Vorwelt eine besondere Jugendkraft der Erde und gewaltige allgemeine Katastrophen anzunehmen, durch welche fast alles Vorhandene plötzlich zerstört und dafür überall Neues geschaffen wurde; das war der Ursprung der sogenannten Schöpfungsperioden, deren jede eine Welt für sich darstellte. — Sie bevölkerten die Erde nach Belieben mit einer riesenhaften Tierwelt unter der üppigsten tropischen Vegetation; sie ließen plötzlich unermeßliche Fluten hereinbrechen, welche gewaltige Felsmassen entführten und ganze Länder überschwemmten; über Nacht entstanden vor ihrem Seherauge große Vulkane, umgeben von sogenannten Erhebungskratern; hohe Gebirgsketten wurden fast mit einem Ruck emporgeschoben; durch vulkanische Kräfte ließ man große Felsblöcke hunderte von Meilen weit schleudern; im Erdinnern wütete ein gewaltiges Centralfeuer, stets bereit, die starre Kruste zu sprengen; oder man löste die ganze Erde in Wasser auf und ließ sie schichtenweise daraus niederschlagen. Jeder geologischen Periode erkannte man ihre besonderen Wirkungen, wie ihre besondere Tier- und Pflanzenwelt zu; in der einen wurden diese oder jene Gesteine, in der andern diese oder jene Metalle gebildet; die eine zerstörte, die andere schuf Berg und Gebirge, Thäler und Seebecken. Das war eine bequeme Zeit für die Geologen; man konnte im Lehnstuhl über die eingebildeten Vorgänge nachdenken; mit etwas Phantasie ließ sich alles gar leicht erklären. Wo ist sie hin, diese schöne Zeit, in der es so leicht war, Geolog zu sein?"

So beschaffen war das Endresultat des ersten Bundes zwischen Geologie und Biologie. Die Biologie formulierte eine Reihe scharfer Erdepochen. Aber keine Brücke führte von der einen zur andern. Linné hatte **einmal** die „Arten" erschaffen lassen. Cuvier brauchte eine **Reihe** erneuter Schöpfungen. An zwei Stellen konnte der Fortschritt jetzt einsetzen. Die Geologie mußte zu Worte kommen, ob thatsächlich solche wüsten Katastrophen sich rein aus ihrem Forschungsgebiet heraus nachweisen ließen, wie sie die Cuvier'sche Paläontologie verlangte. Die Biologie aber mußte sich an die Frage heften, warum jede der neu geschaffenen Lebewelten doch so unverkennbar gemeinsame Züge mit der vorhergehenden und folgenden wies. Warum traten beispielsweise in alter Zeit zuerst allein von allen Wirbeltieren die **niedrigsten**: die Fische, auf, später erst Amphibien und Reptilien, sehr spät erst Vögel und Säugetiere? Warum erschienen von diesen Säugern wiederum die niedrigsten, die Beuteltiere, zunächst und zuletzt die Affen und der Mensch?

Die Entwickelung ging jetzt so rasch von statten, daß beide Antworten in erster zaghafter Form schon zusammenfallen mit Cuviers Blüte. Aber die rechte Begründung fand sich doch erst etwas später. Cuvier stirbt 1832.

Zwei Jahre vorher erscheinen die „Prinzipien der Geologie“ von Charles Lyell in England. Ein Jahr vorher schifft sich Charles Darwin zu seiner Weltumsegelung auf dem Schiffe „Beagle“ (Spürhund) ein, deren intellektuelle Frucht die Abstammungslehre der modernen Biologie ist. Mit beidem stehen wir vor dem letzten großen Wendepunkt in der menschlichen Kenntnis vom Werden der Erde, der noch in unsern Rahmen fällt.

Man kann ein sehr lobeseifriger Bewunderer des neunzehnten Jahrhunderts sein: aber wenn wir ehrlich sind, werden wir doch eingestehen müssen, daß der Kerngehalt an Ideen, von denen es gezehrt hat und in denen — zum Teil — es groß und bewundernswert geworden ist, dem letzten Drittel des achtzehnten verdankt wurde. Überall ist es die empirische Begründung, die reelle Fleischwerdung gleichsam der Gedanken von 1700, die das Wesen von 1800 ausmacht. Die Idee der Menschenrechte, ausgestreut um die Wende zur französischen Revolution, durch die Blutströme der Guillotine nicht erstickt, im Pathos Schiller'scher Jamben mit den Mitteln der Kunst bewehrt: sie verkörpert sich in dem wachsenden Freiheitskampfe des Individuums wider weltliche und kirchliche Autorität, in der Sklavereibewegung Nordamerikas, in der ungeheuren sozialen Strömung, in tausend Regungen und Experimenten; aber ein Geist ist stark in all diesen Körpern: der Geist vom Ende von 1700. Die Dichtung beschreibt geradezu einen Kreis von dem Epigonenkult des gealterten Goethe rückwärts — im guten Sinne — zu dem Verständnis des jungen, dessen Blüte noch in das achtzehnte Jahrhundert fällt und dessen Streben aufzuleben scheint in dem Besten, was die erwachende neue Dichtergeneration von heute wagt. Und auch die Naturwissenschaft, scheinbar die am meisten senkrecht aufgesproßte, unvergleichlich ins Weite gegangene verleugnet doch in ihrem Ideengehalt nicht das allgemeine Gesetz. Es ist mehr als ein Zufall, daß auch ihre leuchtendste, weltaufrüttelndste Gedankenthat in der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts, die That Darwins, in ihren Vorahnungen zurückführt auf das letzte Jahrzehnt von 1700.

Wir haben gesehen, wie die strenge Naturforschung der Idee der Umbildung, der Entwickelung im Bereich des Organischen grade damals eher fremd als günstig geworden war. Linné hatte sein hartes System auf die Unveränderlichkeit der „Art“ gebaut. Und aus dem seltsamen Schauspiel einer über Jahrmillionen ausgedehnten Erdgeschichte, das sich in ein paar Jahrzehnten überraschend schnell enthüllt, ging eben grade mit Cuvier der Mann hervor, der lehrte, daß keine Epoche dieser Erdgeschichte eine direkte Fortsetzung der vorausgegangenen, vielmehr durch eine Vernichtungskatastrophe

und eine unenträtselbare „Neuschöpfung“ von ihr getrennt sei. Der Verneinung, die so entschieden aus dem Museum, trotz all seiner staunenswerten Bereicherung, erscholl, schloß sich, ungewöhnlich genug, diesmal sogar die kühle Stimme des rein logischen Philosophen im abstrakten Kämmerlein an: Immanuel Kant, der strengste Mahner zur Beschränkung auf das



Immanuel Kant, geb. 1724, gest. 1804.
Nach einem Gemälde von Schnorr gestochen von Roßmäßler 1827.

Mögliche, das dem menschlichen Intellekt noch Begreifbare, bekannte nach mancherlei geistvollem Spiel mit dem Entwickelungsgedanken doch schließlich, daß von einer rein mechanischen Ableitung einer Tierform aus der andern in dem Sinne etwa, wie sich die Planeten aus abgestoßenen Ringen der Sonne erklären ließen, in Wahrheit keine Rede sein könne und daß es „ungereimt“ sei, auch nur zu hoffen, „daß noch etwa dereinst ein

Newton auferstehen könne, der auch nur die Erzeugung eines Grashalms nach Natur-Gesetzen, die keine Absicht geordnet hat, begreiflich machen werde". Man müsse die Möglichkeit solcher Einsicht dem Menschen schlechterdings absprechen. Wenn aber eine „ordnende Absicht" selbst für jeden heute noch sprossenden Grashalm dem Philosophen einmal unumgänglich nötig schien, so durfte man sich leicht bei der Katastrophentheorie Cuviers in der Folge begnügen, die aus solcher „ordnenden Absicht" für jede ihrer geologischen Neubelebungen der Erde ohne viel Mühe einen „schaffenden Gottesfinger" herauskonstruierte. Und doch: wo der Museumsgeist und der Geist der Philosophentonne gleichzeitig und in gegenseitiger negativer Ergänzung versagten, da war es gerade jetzt, im letzten Jahrzehnt des achtzehnten Jahrhunderts, bedeutsamerweise der dichtende Genius, der wiederholt aus freier und harmonischer Anschauung der lebendigen Natur heraus eine Ahnung der dennoch vorhandenen Möglichkeit fand. In England trat der als Forscher wie als Dichter gleich begabte Großvater eben des Mannes dafür ein, der später die Entwickelungslehre für die organische Welt wirklich wissenschaftlich begründen sollte: Erasmus Darwin (1731 bis 1802). Mit der Ruhe, als handle es sich um etwas Selbstverständliches, lehrte er das „logisch Unmögliche". Er hatte sich die Aufgabe gesetzt, in umfangreichen Lehr-Gedichten nach Art des alten Lucretius die gesamten naturwissenschaftlichen Thatsachen und Spekulationen seiner Zeit zu einem einheitlichen Weltbilde aneinanderzuflechten. Dabei nahm er denn keinen Anstand, das allgemeine Werde-Prinzip auch auf die organischen Wesen auszudehnen und dem Einfluß veränderter äußerer Lebensbedingungen die Macht einzuräumen über die Gestalt der Tiere und Pflanzen im Gegensatz zu der Lehre von der ewigen Unveränderlichkeit der zu Anbeginn von Gott geschaffenen Art. Es war allerdings nur die vereinzelte Stimme eines sinnigen Naturbetrachters: sie verhallte!

In Deutschland aber ergriff die gleiche Idee einen ungleich Gewaltigeren der Zeit und ließ ihn bis zu seinem Ende nicht mehr los, gleich einer Vision, die dem Zweifler zu teil geworden und deren Erinnerung nie mehr von ihm fällt. Der Dichter des „Faust", der Himmel und Hölle der Menschenbrust zusammengezwungen mit der weltbefreienden Allgewalt seines harmonischen Künstlersinnes, — auch ihm konnte es keine Stelle im natürlichen Weltenbau, an dessen Einheit ihn früh schon Spinoza glauben gemacht, geben, wo der ursächliche Zusammenhang grob zerrissen sein sollte, wo eine besondere „Schöpfer-Absicht" oder „Schöpferthätigkeit" sich offenbarte, von der das übrige mechanische Werden der Dinge in Himmel und Erde nichts wußte und die jedesmal grob eingriff, um die von mechanischen Ereignissen — zerstörenden Katastrophen mit Überschwemmung und vulkanischem Groll — gereinigte Erdoberfläche gleichsam neu zu „tapezieren" mit einer zweckentsprechenden lebendigen Schicht. Die

Natur, deren Leben Goethe genossen und belauscht, wie wohl kein zweiter Mensch seiner Zeit, und die seinem plastischen Denken stets als eine Kette fest aneinandergefügter Bilder, niemals abstrakt, erschienen war, mußte unter allen Umständen ein Ganzes sein — mit unbekannter Wurzel, mit ungeschauter Zukunftskrone, aber in jedem erkennbaren Stück allemal lückenlos



Erasmus Darwin,
der Großvater Charles Darwins und einer der ältesten Vertreter der Lehre von einer natürlichen Entwickelung der Organismen. (Geb. 1731, gest. 1802.)
Nach einem Gemälde von Wright aus Derby.

wie eine richtige Rechnungsreihe, die in allen Teilen, wo man sie fassen mag, notwendig logisch sich gegliedert zeigen muß, einerlei wie nun die Anfangsaufgabe und das Schlußresultat laute. Ein zäher Arbeiter, wie er war, begnügte Goethe sich aber nicht mit der allgemeinen Ansicht, sondern versuchte selbst, die scheinbare Spalte in der Forschung resolut auszufüllen. Nicht gerade glücklich auf dem Gebiete, das seit Galilei unbestritten dem „Naturgesetz", dem Mechanismus angehörte: in der Physik, — errang er ganz unbezweifelbare und große Erfolge dort, wo eben Kant die Mechanik

verbannt sehen wollte: im Reiche der organischen Welt. In der langen Reihe seiner — mit aller Meisterschaft des großen Darstellers geschriebenen — Schriften zur „Bildung und Umbildung organischer Naturen“ (mit dem Motto aus Hiob: „*Siehe, er geht vor mir über, ehe ich's gewahr werde und verwandelt sich, ehe ich's merke!*“) tritt die Idee einer „Umwandlung“ der organischen Formen und einer natürlichen Entwickelung der Tier- und Pflanzenarten infolge rein *mechanischer*, den Gesetzen der Physik unterworfener Einflüsse der Außenwelt mit vollkommenster Klarheit immer wieder hervor.*)

---

*) Es ist mir vollkommen unbegreiflich, wie *Goethe's* hervorragende Stellung unter den *Vorgängern Darwins*, für die insbesondere *Häckel* eingetreten ist, nach dem klaren Wortlaut seiner seit so viel Jahrzehnten in aller Welt Händen befindlichen Schriften (die botanisch-zoologischen werden — leider! — allerdings von den gebräuchlichsten Ausgaben einfach weggelassen!) noch ernstlich von mancher Seite angezweifelt werden kann. Das nach jeder Richtung wundervolle kleine Buch Goethe's, „Geschichte meines botanischen Studiums“, ein wahres Kleinod der Geschichte des Naturerkennens überhaupt, muß allein schon jeden Zweifel bannen. Mit vollkommener Plastik und dichterisch gesteigerter Handlung berichtet der Meister, wie er von Linné's starrem Artbegriff ausgegangen, ohne sich doch bei ihm völlig beruhigen zu können; wie er dann Ideen Rousseau's auf sich habe wirken lassen; wie er endlich auf Reisen das lebendige Nebeneinander der Gewächse studiert und gewahrt habe, „wie jede Pflanze ihre Gelegenheit sucht, wie sie eine Lage fordert, wo sie in Fülle und Freiheit erscheinen könne, Bergeshöhe, Thalestiefe, Licht, Schatten, Trockenheit, Feuchte, Hitze, Wärme, Kälte, Frost und wie die Bedingungen alle heißen mögen“; bis dann zum Schluß die Erleuchtung gekommen sei: es möchten diese wechselnden Existenzbedingungen die unendlichen Verschiedenheiten der Arten aus irgend einer Urform nach und nach rein mechanisch herangezüchtet haben. „Das Wechselhafte der Pflanzengestalten, dem ich längst auf seinem eigentümlichen Gange gefolgt, erweckte nun bei mir immer mehr die Vorstellung: die uns umgebenden Pflanzenformen seien nicht ursprünglich determiniert und festgestellt, ihnen sei vielmehr, bei einer eigensinnigen, generischen und spezifischen Hartnäckigkeit, *eine glückliche Mobilität und Biegsamkeit verliehen, um in so viele Bedingungen, die über dem Erdkreis auf sie einwirken, sich zu fügen und danach bilden und umbilden zu können.* Hier kommen die Verschiedenheiten des Bodens in Betracht; reichlich genährt durch Feuchte der Thäler, verkümmert durch Trockene der Höhen, geschützt vor Frost und Hitze in jedem Maße, oder beiden unausweichbar bloßgestellt, kann das Geschlecht sich zur Art, die Art zur Varietät und diese wieder durch andere Bedingungen ins Unendliche sich verändern; und gleichwohl hält sich die Pflanze abgeschlossen in ihrem Reiche, wenn sie sich auch nachbarlich an das harte Gestein, an das beweglichere Leben hüben und drüben anlehnt. Die allerentferntesten jedoch haben eine ausgesprochene Verwandtschaft, sie lassen sich ohne Zwang untereinander vergleichen.“ Wenn Goethe das Auftreten Darwins noch erlebt und diese Worte eigens zur Wahrung seiner Prioritätsrechte hinsichtlich der natürlichen Entstehung der Arten (der engere Zuchtwahl-Gedanke Darwins zählt natürlich für sich!) zu Protokoll gegeben hätte, so würde er nicht leicht einen deutlicheren Ausdruck haben finden können. Hält man dazu, daß

Wirklichen Einfluß auf die Zeitgenossen erlangten leider auch Goethe's Ideen nicht. Die Autorität des Dichters hemmte die des Naturforschers, und die Mitteilungen selbst, in denen doch so viel Gedankenarbeit steckte, wirkten zu aphoristisch, um gegen das Riesenarsenal der von Linné's Tradition und Cuviers Diktatur beherrschten Fachmeinung der Zeit aufkommen zu können. Glückte es doch dem Dritten, der, von dem Engländer Erasmus Darwin vielleicht (?), von dem Deutschen Goethe sicher unabhängig auf der Wende des Jahrhunderts die Entwickelungsidee erfaßte, dem Franzosen Jean Lamarck, ebenso wenig, seine Meinung zur Geltung zu bringen, — und dieser Mann war ein echter Zunft-Naturforscher. Während Erasmus Darwin und Wolfgang Goethe glückliche Naturen waren, denen der neue Gedanke nur noch zu anderem Glück mit in den Schoß fiel, um sie auch noch die Prophetenfreude genießen zu lassen, ist Lamarck eine tragische Gestalt. Als streng empirischer Naturforscher suchte er die Frucht zu brechen, als es „streng empirisch" noch zu früh war. Als er den Gedanken der Entwickelung im Reich der Tier- und Pflanzenformen genial gefunden, suchte er ihn auch im einzelnen zu begründen, suchte er die Methode der Entwickelung zu fassen. Dazu aber reichte sein Material noch nicht, und an sein Thun grade heftete sich der Ruf haltlosester Spekulation. Der lange Hals der Giraffe, so lehrte er, sei entstanden, indem ein ursprünglich kurzhalsiges Tier sich immerzu genötigt gesehen habe, den Kopf zu hochstämmigen Mimosenbäumen aufzurecken, und die Gewohnheit habe schließlich im Laufe des beständigen Gebrauchs den Hals in die Länge gereckt. Das erregte die Lachlust der Gegner, die sich an das Extreme des Beispiels hielten, ohne sich dazu aufschwingen zu können, wie fruchtbar der Grundsatz an sich sei, daß Gebrauch ein Organ kräftige, Nichtgebrauch es verkümmere und daß die Summierung zahlloser, zwangsweiser, wenn auch winziger Änderungen im Verlauf der Generationen wirklich ein Schlüssel werden könne für die schließliche Existenz der tollsten und bizarrsten Erscheinungen in der organischen Welt. Zum Spott gesellte sich die alterprobte, aber ewig jugendgrüne Praxis des Totschweigens: das reife Hauptwerk des schon über Sechzigjährigen, die 1809 erschienene „Philosophie zoologique", wurde von Cuvier und seinen Leuten so gründlich „nicht beachtet", daß nicht einmal ein so be-

---

diese Stelle sich leicht durch zahlreiche andere vervollständigen läßt und daß (ganz kurz vor seinem Tode 1832) Goethe bei Gelegenheit eines Konflikts zwischen Geoffroy St. Hilaire, über dessen Rolle als Vorläufer Darwins schlechterdings kein Zweifel besteht, und Cuvier, dem Verfechter der Katastrophenlehre, mit höchster Energie für Geoffroy als seinen „Alliierten" in einer Sache, der er (Goethe) „sein Leben gewidmet habe", Partei nahm, so ist ein weiteres Mißverständnis rein nicht mehr möglich. Häckels Wort bleibt vielmehr zu Recht bestehen, daß Goethe auch auf biologischem Gebiete „ein ganz entschiedener Anhänger der monistischen (d. i. einheitlichen) Entwickelungsidee" gewesen sei.

günstigter und persönlich interessierter Leser der zeitgenössischen Litteratur fast aller Sprachen, wie Goethe, irgend welche Kunde davon bekommen hat. Dabei lag Lamarcks Bedeutung thatsächlich durchaus nicht einseitig in der Spekulation. Als Reformator auf dem Gebiete der Systematik stand er als einer der ersten gerade neben Cuvier, und seine großen Arbeiten über die wirbellosen Tiere (die Gegenüberstellung dieser und der Wirbeltiere stammt von ihm) beackerte den Boden da, wo am entscheidendsten Material auch für das „Museum", für die rein empirische Formenkenntnis der Tierarten, zu finden war. 1829, also wenig vor Goethe's Ausgang, schloß das lange, aber besonders in späteren Jahren sehr trübe Leben des genialen Mannes. Schon zehn Jahre vor seinem Tode erblindet, hatte er, ein zweiter Milton, den letzten Teil seiner Naturgeschichte seinen beiden Töchtern aus dem Gedächtnis diktieren müssen, kläglich von materieller Not umdrängt — der echte Wanderer in der herben Frühluft vor Sonnenaufgang eines neuen Forschungstages, der sein Alles einsetzt für „den Lorbeerkranz" wie Häckel sich gelegentlich ausdrückt, „welchen dereinst eine dankbare Nachwelt auf sein einsames Grab legen würde".*)

Die Beispiele, denen sich leicht noch ein paar weniger wichtige Namen von „Vorläufern Charles Darwins" anreihen ließen, zeigen deutlich, daß die Idee der Entwickelung jedenfalls mit in der Wiege des neuen Jahrhunderts lag und in den Köpfen wühlte. Das Unglück wollte nur, daß sie in den ersten fünf Jahrzehnten dieses Jahrhunderts sich mancherlei

*) Lamarcks darwinistisch interessantes Werk, die „Zoologische Philosophie" ist in einer neuen französischen Ausgabe von Charles Martins (deutsch von Arnold Lang, Jena 1876) mit einer kurzen biographischen Einleitung versehen worden, die dem tragischen Ausgang des Gelehrten ein paar schlichte, aber tieferschütternde Worte widmet. „Viermal verheiratet, Vater von sieben Kindern, sah er sein geringes Erbteil und sogar seine ersten Ersparnisse in einigen jener dem leichtgläubigen Publikum von der Spekulation angepriesenen gewagten Anstalten zur Unterbringung des Geldes verschwinden. Nur seine bescheidene Besoldung als Professor schützte ihn vor dem Elend. Die Freunde der Wissenschaften, die sein Ruf als Zoologe und Botaniker zu ihm hinzog, bemerkten mit Erstaunen diese hilflose Lage; es schien ihnen, daß eine aufgeklärte Regierung sich ein wenig sorgfältiger über die Lage eines Greises, der sein Land berühmt gemacht hatte, hätte unterrichten sollen. Lamarck starb am 18. Dezember 1829 im Alter von fünfundachtzig Jahren. Seine beiden Töchter blieben ohne Hilfsmittel zurück. Ich habe selbst im Jahre 1832 Fräulein Cornelie de Lamarck für geringen Lohn die Pflanzen des Herbariums des Museums, an dem ihr Vater Professor gewesen, auf weiße Papierblätter heften sehen. Oft haben von ihm beschriebene und benannte Arten durch ihre Hände gehen müssen, und diese Erinnerung vermehrte ohne Zweifel noch die Bitterkeit ihrer Trauer. Als Töchter eines Ministers oder eines Generals würden die beiden Schwestern vom Staate pensioniert worden sein; aber ihr Vater war nur ein großer, seinem Vaterlande in der Gegenwart und in der Zukunft zur Ehre gereichender Naturforscher; sie mußten also vergessen werden und wurden es in der That."

Freunde gerade da gewann, wo ihr schwacher Kredit erst recht gefährdet werden mußte.

Mehr oder minder wunderliche philosophische Köpfe, mutiger als der alte Kant, aber auch weit schwächer in der Logik als er, spielten mit ihr Fangball. Lorenz Oken ersann (zeitlich noch parallel zu Lamarcks späteren Jahren) eine ganze Fülle teils phantastischer, teils ahnungsreicher, jedenfalls aber formal haarsträubender und abschreckender Hypothesen über ein natürliches Werden der Organismen. Aber die Vermischung von Träumerei und Wissen, die der ganzen philosophischen Richtung der Deutschen in diesem Zeitalter Hegels anhaftete, die sehr durchsichtigen Versuche, durch einen barbarischen Stil und möglichst abstrakte Geheimsprache über die Erkenntnislücken hinwegzutäuschen gerade zu einer Stunde, da vor allem Klarheit über den Umfang des noch Unbekannten not that, scheuchten nur erst recht die besonnenen, der echten Wahrheitsforschung mit Herz und Geist ergebenen Köpfe unter den Naturforschern von der gefährlichen Sache fort: schon das Spielen auch nur mit dem Entwickelungsgedanken erschien den besten Biologen gefährlich und unwissenschaftlich, — wennschon nicht viele waren, die nicht (wie der Geologe Buch, die Botaniker Schleiden und Unger und andere) gelegentlich doch einmal ein wenig gespielt und, wider das eigene Dogma, an dem Knoten genestelt hätten.

Es ist im hohen Grade lehrreich für den Stand der Dinge, die Ansichten zu verfolgen, die im Jahre 1845 kein geringerer als Alexander von Humboldt im ersten Bande seines „Kosmos“ niederlegte. Humboldt galt damals mit Recht als der vollkommenste, urteilsfähigste Repräsentant des gesamten Naturwissens. Er war ein Mann in der Mitte der Siebziger — aus dem „Kometenjahre 1769“, wie er selbst sagte. Will man sein Alter an Vergleichungszahlen messen, so ergiebt sich, daß er seinem Geburtsdatum nach nicht ganz zwanzig Jahre jünger war als Werner und genau gleichaltrig mit Smith und mit Cuvier, von denen der letztere jetzt seit dreizehn Jahren bereits tot war. 1793 in einer botanischen Abhandlung und 1795 in einer novellistischen Skizze, die noch in Schillers Zeitschrift „Horen“ erschienen war (!), hatte er sich zuerst über biologische Vorgänge (Lebenskraft) geäußert. In der Folge hatte er dann wie kein zweiter des Jahrhunderts auf geradezu sämtlichen Gebieten der exakten Naturforschung gearbeitet. Er hatte zu sämtlichen Schulen, mochten es nun astronomische oder physikalische, geologische oder biologische sein, Stellung genommen. Mit den bedeutenderen Köpfen der letzten sechzig Jahre hatte er in der Mehrzahl persönlich verkehrt. Auf zwei höchst eigenartigen Reisen (Amerika und Zentralasien) war er ins Herz zweier Kontinente eingedrungen und hatte sich eine individuelle Unabhängigkeit des Urteils gesichert, die ihn nicht nur zu einem der gelehrtesten, sondern auch zu einem

der freiesten, vor allem einem religiös ganz und gar nicht beeinflußten Denker der Zeit machte. Und dieser Mann nun macht sich 1845, im Vollbewußtsein der Verantwortlichkeit, die in dem Unterfangen lag, an die Arbeit, im ersten Bande eines ungeheuer groß angelegten „Versuchs einer physischen Welt-



Alexander von Humboldt.
Porträt aus der Zeit seiner Arbeit am „Kosmos“.

beschreibung“ ein knappes, aber anschauliches „Naturgemälde“ zu entwerfen, das die sichtbare Welt umspannen soll vom fernsten Nebelfleck des Weltalls bis zur winzigen irdischen Flechte am Granitfels. Gezwungen aber durch solche Erweiterung, auch das Gebiet des Organischen in den „Kosmos“ mit seinem Spiel von Naturkräften einzuordnen, gebietet er sich

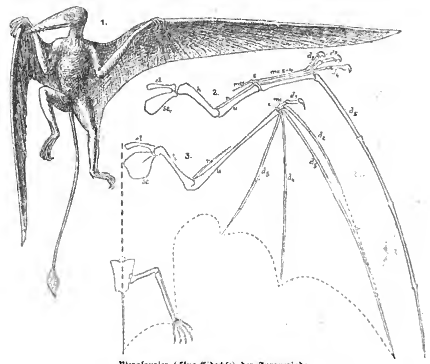
selbst dabei Halt mit den folgenden charakteristischen Worten. „In das empirische Gebiet objektiver sinnlicher Betrachtung, in die Schilderung des Gewordenen, des dermaligen Zustandes unseres Planeten gehören nicht die geheimnisvollen und ungelösten Probleme des Werdens. Die Weltbeschreibung, nüchtern an die Realität gefesselt, bleibt nicht aus Schüchternheit, sondern nach der Natur ihres Inhalts und ihrer Begrenzung, den dunklen Anfängen einer Geschichte der Organismen fremd, wenn das Wort Geschichte hier in seinem gebräuchlichsten Sinne genommen wird." (Kosmos I 367). Allerdings setzt er geschickt genug hinzu: „Aber die Weltbeschreibung darf auch daran mahnen, daß in der organischen Erdrinde dieselben Grundstoffe vorhanden sind, welche das Gerüst der Tiere und Pflanzen bilden. Sie lehrt, daß in diesen wie in jener dieselben Kräfte walten, welche Stoffe verbinden und trennen, welche gestalten und flüssig machen in den organischen Geweben: aber Bedingungen unterworfen, die noch unergründet unter der sehr unbestimmten Benennung von Wirkungen der Lebenskräfte nach mehr oder minder glücklich geahnten Analogien systematisch gruppiert werden." Und ein andermal (Kosmos I 284) wird an eine durchaus noch vom Geiste der Cuvier'schen Katastrophentheorie beseelte Stelle über die „weit verbreiteten Erdrevolutionen" der früheren Epochen, die den „Untergang alter Organismen, das Auftreten neuer" bezeichneten, die nicht minder feinsinnige Andeutung geknüpft: „In der Eingeschränktheit unseres Wissens vom Werden, in der Bildersprache, welche diese Eingeschränktheit verbergen soll, nennen wir neue Schöpfungen die historischen Phänomene des Wechsels in den Organismen." Das ist aber auch alles. Humboldt fühlt, daß weder „Lebenskraft" noch „Schöpfung" etwas Greifbares bieten. Er ist auch weit entfernt von der philosophischen Voreiligkeit Kants, der hier dem Menschengeiste für immer die Thür verschließen will. Aber jede Art von Vermutung scheint ihm noch zu kühn: er konstatiert kurzweg das vollkommene Mysterium und wendet sich Interessanterem zu.

Umsonst! Die ganze Strömung trieb nach der Richtung, wie fest man sich auch aus Vorsicht oder aus Vorurteil im reißend schnell dahingejagten Kahn die Augen verbinden mochte! Man mochte das System der Tiere oder Pflanzen noch so fest auf die Konstanz der Arten und die ewige „Neuschöpfung" begründen: der Herüber- und Hinüberneigungen, der Beziehungen und Vermittelungen von Gruppe zu Gruppe war mit jedem neuen Funde, mit jedem tieferen anatomischen Eindringen in die alten kein Ende. Die Paläontologie wies mehr und mehr die kuriosesten Misch-Typen: in den Flug-Eidechsen (Pterodactylus und Rhamphorhynchus) der Jura-Periode ein scheinbares Zerrbild aus Vogel und Reptil, in den Meer-Sauriern (Ichthyosaurus, Plesiosaurus) ein anderes aus Reptil und Fisch. Heute, da die Abstammungslehre bereits bis zu ziemlich anschaulichen



Alexander von Humboldt in seinem Arbeitszimmer.
Nach einem Aquarell von Eduard Hildebrandt.

Hypothesen über den wirklichen Stammbaum der Wirbeltiere vorgeschritten ist, legt man einigen grade dieser groteskesten Formen weniger Gewicht bei und glaubt beispielsweise durchaus nicht, daß etwa der Pterodaktylus der wahre Reptilien-Ahn der Vögel sei.



Pterosaurier (Flug-Eidechse) der Juraperiode.

Fig. 1 stellt ein nach einem außergewöhnlich gut erhaltenen Funde wiederhergestelltes Exemplar der Gattung Rhamphorhynchus dar. Fig. 2 erläutert die Art des Flugapparates der Gattung Pterodactylus im Vergleich zu dem der Fledermaus (Fig. 3). Die Buchstaben bedeuten in beiden Figuren dasselbe: *cl* Schlüsselbein, *sc* Schulterblatt, *h* Oberarm, *u* Elle, *r* Speiche, *c* Handwurzelknochen, *mc* Mittelhandknochen (*mc*[1] Daumen bei Pterodactylus), *d* Finger (*d*[1] Daumen bei der Fledermaus). Die Flug-Reptilien gaben, als ihre Reste aus dem Juraschiefer zuerst bekannt wurden, zu mancherlei Spekulationen über den Übergang von Eidechsen zu Vögeln Anlaß. Heute wissen wir, daß der echte Vertreter dieses Übergangs wahrscheinlich in dem Archaeopteryx (vergl. Abbild. S. 20) uns erhalten ist, während die Flug-Saurier nur eine den Fledermäusen parallele Anpassung darzustellen scheinen.

Aber je roher, je unfertiger noch die Grundansicht, desto größer das Gewicht grade solcher Analogien. „Prophetische Typen" nannte man sie von gewisser Seite: ein spaßhaftes Wort aus der Rumpelkammer ältester Metaphysik. Der Pterodaktylus der Jurazeit sollte den späteren Vogeltypus gleichsam „prophezeien!"

Neben die mehr erträumten traten aber auch wirkliche Übergangsformen und zwar noch lebendige zum Teil, — ein Kreuz und Zorn der scharf sondernden Systematiker. Nahezu genau mit dem Geburtsdatum des Jahrhunderts zugleich hatte sich langsam die Kunde verbreitet von dem seltsamsten aller Säugetiere, dem Schnabeltier Neu-Hollands (Ornithorhynchus paradoxus). Hier hatte man ein vierfüßiges, mit einem Maulwurfs-Pelz bedecktes Tier, das am Kopf einen trockenen, harten Schnabel, gleich dem eines Schwimmvogels, trug, das im Bau des Schlüsselbeins und der gemeinsamen Ausführungshöhle für Harn, Exkremente und Geschlechtsstoffe mit Reptilien (Schildkröten) übereinstimmte und das endlich, trotz seiner von Meckel 1824 nach langem Streit nachgewiesenen Milchdrüsen, die es immerhin nach dem Gesamtbegriff „Säugetier“ einzupassen schienen, große Eier legte.*) Wenn das keine Übergangsform war, worauf sollte man denn noch warten?

Ganz seltsame Dinge endlich trug eine noch junge Wissenschaft, mit der wir uns bei dieser Gelegenheit einen Moment beschäftigen müssen, in den Streit der Meinungen hinein: die langsam zur mitredenden Macht erwachsende Embryologie.**) Ein Zweig eigentlich nur der Anatomie, hatte sie sich doch noch mühseliger und schwerer durchkämpfen müssen als diese, umdrängt von Vorurteilen und, wo solche in mutigen Forschernaturen gefallen, nicht minder behindert durch verzweifelte Beobachter-Schwierig-

---

*) Die wunderbarste Thatsache aus der Naturgeschichte der Schnabeltiere, das Eierlegen, bietet nebenbei wieder eines der wertvollsten Beispiele zu dem Kapitel von der „Vorsicht“ im wissenschaftlichen Zweifeln und Verneinen. Nach Aussagen australischer Eingeborenen war im Anfang des Jahrhunderts die (auch von Larmarck vertretene) Behauptung verbreitet worden, das Schnabeltier lege nach Art der Vögel und anderer niederer Wirbeltiere Eier, und zwar 2 von Hühnereiergröße in ein Nest im Schilf. 1832 und nochmals 1858 reist nun ein vortrefflicher englischer Zoologe, G. Bennett, ausdrücklich zum Zweck nach Australien, um das Geheimnis dieser unglaublichen Fortpflanzungsweise zu studieren. Er findet junge Schnabeltiere im Nest, aber keine Spur von Eierschalen. „Man konnte“, schreibt Brehm noch 1877 in der zweiten Auflage seines wundervollen, das Wissen der Zeit zusammenfassenden „Tierlebens“, „nicht mehr im Zweifel sein, daß das Schnabeltier lebendige Junge gebäre“. Inzwischen hatte aber die Darwin'sche Entwickelungslehre in erhöhtem Maße die Aufmerksamkeit auf das Schnabeltier als Übergangsform gelenkt. Im Sommer 1884 nehmen Haacke und Caldwell die Untersuchungen an Ort und Stelle nochmals auf, und diesmal gelingt thatsächlich, sowohl bei dem echten Schnabeltier (Ornithorhynchus), wie auch bei dem verwandten sogenannten Landschnabeltier (Echidna), der Nachweis großer dotterreicher Eier, in denen die Jungen sich ausbilden. Bei Echidna wurde das Ei in einer besonderen Bruttasche am Bauche, bei Ornithorhynchus in einer Erdhöhle vorgefunden. In solchen Zickzackwegen schreitet die Wahrheitsforschung vor!

**) Das Wort „Embryologie“ ist gebildet aus den griechischen Wörtern Embryon (Keim) und Logos (Lehre) und bedeutet also die Wissenschaft von den Keimzuständen der Organismen, z. B. des Hühnchens im Ei oder des Menschen im Mutterleibe.

Das australische Wasser-Schnabeltier (Ornithorhynchus paradoxus), ein eierlegendes Säugetier.

keiten in der Sache selbst. Man überblickt die ganze Linie der äußeren Hemmnisse, wenn man auf der einen Seite sich die noch heutigen Tages in unseren „gebildeten" Kreisen herrschende allgemeine Unwissenheit sogar über die uns doch zunächst betreffenden Thatsachen der menschlichen Keimesgeschichte vergegenwärtigt, — eine Unwissenheit, die vor allem auf eine gänzlich unberechtigte, prüde Scheu zurückzuführen ist, die das Besprechen dieser Dinge für sittlich anstößig hält. Während unsere, jedem Schulknaben zugänglichen Zeitungen uns fast beständig von wirklich sittlich nicht sehr belehrenden Vorkommnissen unterhalten dürfen, glaubt man sich gegen das unbefangene Erörtern jener Dinge mit fast abergläubischem Entsetzen wehren zu müssen. Und doch handelt es sich dabei nicht nur um die Thatsachen, auf deren richtiger und unbefangener Würdigung die Grundlagen aller echten, naturgemäßen Sittlichkeit sich aufbauen, sondern auch um eine Fülle von Wahrheiten, die sowohl durch die opferreiche Geschichte ihrer Erforschung, wie durch ihren Reichtum an weltumspannenden Ideenverbindungen zu den großartigsten moralischen Anregungsmitteln gerechnet werden müssen. Auf der anderen Seite muß man sich erinnern, welche Schranken früher selbst dem Naturforscher bei Ergründung dieser heiklen Fragen sich entgegenstellten. Der selbstherrlichste und in seiner Art jedenfalls konsequenteste aller Päpste, Bonifacius VIII., hatte um 1300 jegliche Eröffnung eines menschlichen Leichnams zum Zweck anatomischer Studien überhaupt noch mit dem großen Kirchenbann belegen dürfen — und von solchen Anfängen hatte sich auch die Embryologie heraufkämpfen müssen, sie, die innerhalb dieses anatomisch zergliederten Körpers zu Entwickelungsphasen eines neu werdenden vordringen sollte, die nur durch seltenste Zufallsfügung überhaupt hin und wieder sich vorfinden und selbst dann noch (wenigstens in ihren früheren Stadien) durch ihre Kleinheit zu den schwierigsten aller anatomischen Objekte gehören. Aus der Zeit Galilei's stammen die ersten bekannten Zeichnungen menschlicher und tierischer Embryonen. Das Mikroskop half, wie früher erwähnt, beim Studium der Entwickelungsprozesse im Hühnerei und im durchsichtigen Froschei. Aber der Fortschritt war ein ungeheuer langsamer. Statt weiter zu beobachten, erging man sich in der Folge lieber in breiten Erörterungen allgemeinster Art. Das ganze achtzehnte Jahrhundert steht im Banne einer solchen wertlosen Spekulation, die an der Stirn trägt, daß sie einem mystischen Philosophenkopf mit der Methode der mittelalterlichen Scholastik, die nicht forschte, sondern sich in ihre finstere Kammer schloß und „dachte" (besser: „spielte!"), entsprungen war. Die Entwickelung der organischen Wesen (auch des Menschen) sollte eigentlich ein bloßes „Auseinanderwickeln" sein. Im Hühnerei sollte von Beginn an ein vollständiges Hühnchen in engster Zusammenfaltung liegen, das sich wachsend bloß auseinanderkrümmte und vergrößerte. Das „Samentierchen" (in Wahrheit

eine einzelne, organlose, tierische „Zelle“, nach deren Verschmelzung mit der Ei-Zelle das neue Wesen durch Zell-Teilung entsteht!) achtete man als winziges Menschlein, als „Homunculus“, und von Anbeginn der Dinge sollten in dem ersten Manne schon, dem „geschaffenen“ Adam, alle folgenden Millionen „erzeugter“ Menschen als Millionen solcher winzigster, ineinander geschachtelter Homunculi miterschaffen worden sein. Eine andere Schule faßte umgekehrt das weibliche Ei als jene unerschöpfliche Schachtel mit Millionen sich immer verkleinernder Einsätze: der Samen sollte nur jedesmal den Anstoß zu einer neuen „Auswickelung“ geben. Lehren, wie diese, wären an sich gewiß eher ein Hemmnis des Entwickelungsgedankens für die Folge gewesen, als ein Förderungsmittel, wenn sie sich hätten beweisen lassen. Aber sie verschwanden wie ein Spuk im Moment, da die Embryologie sich wieder zur wirklichen, schon von Swammerdam und Malpighi angeregten Beobachtung entschloß.

Bereits 1759 erhob ein einzelner Prediger in der Wüste seinen Mahnruf wider den Unsinn jener (besonders von Albrecht von Haller verfochtenen) Einschachtelungs- und Präformationstheorie: der Berliner Caspar Friedrich Wolff. Er wurde zum Märtyrer seiner Wahrheiten — verketzert und aus dem Lande getrieben, schien er sein Lebenswerk umsonst geleistet zu haben. Unter den wenigen, die ihn zu würdigen wußten, war auch hier wieder der einzige Goethe, der sich noch spät freute, bekennen zu dürfen, was er „seit mehr als fünfundzwanzig Jahren von ihm und an ihm, den eine herrschende Schule, mit der er sich nicht vereinigen konnte, schon früh aus seinem Vaterlande hinausgeschoben hatte, gelernt habe“. Für Wolff bestand kein Zweifel, daß im bebrüteten, warmen Hühnerei in der That ein höchst eigentümliches „Werden“ stattfinde, nicht ein Auseinanderwickeln, sondern ein Entwickeln, bei dem komplizierte Organe sich in kürzester Frist aus sehr einfachen Grundgebilden im Banne bestimmter Gesetze gleichsam herauskristallisierten.

Fünfzig Jahre nach Wolffs erster Veröffentlichung kam die Sache von neuem in Fluß, diesmal ganz in seinem Sinne. Und zwischen dem Ende der Zwanziger und Dreißiger unseres Jahrhunderts gelang es endlich einem der größten Denker und Beobachter der neueren Zeit, Karl Ernst von Baer, in einer umfassenden Arbeit die ganze Embryologie nach Wolffs Vorgang auf eine sichere Basis zu bringen, von wo ab ihre Ergebnisse in den Grundlinien schlechterdings nicht mehr anzufechten waren. Unter diesen Ergebnissen aber fanden sich nun mehrere, die auch für eine allgemeine Theorie geschichtlicher Entwickelung der Organismen denn doch sehr bedeutsam sein mußten. Boten die verbesserte Anatomie und Paläontologie schon Annäherungen der Organismen und Übergänge aller Art, so gab es kaum eine zweite Thatsache von so eigentümlich zwingender Gewalt für die Annahme eines dunklen, aber

irgendwie vorhandenen Zusammenhangs aller Lebewesen untereinander, wie die von der Embryologie aufgedeckten Ähnlichkeiten der embryonalen Entwickelung selbst bei sehr verschiedenen Arten im Ei oder im Mutterleibe. Verfolgte man die embryonale Ausbildung von drei so grundverschiedenen Wesen wie Säugetier (etwa Mensch oder Hund), Vogel (etwa Huhn) und Reptil (etwa Schildkröte) ein Stück weit rückwärts, so geriet man vor die



Karl Ernst von Baer,
der Begründer der modernen Embryologie.

gradezu schlagende Wahrheit, daß auf einer bestimmten Stufe der Mensch oder Hund im Mutterleibe mit dem Huhn und der Schildkröte im Ei eine zum Verwechseln hohe Ähnlichkeit habe. Der Mensch glich auf solcher Stufe nicht dem Menschen, der Vogel nicht dem Vogel, die Schildkröte nicht der Schildkröte. Alle drei Embryonen aber glichen sich untereinander aufs höchste. „Ich besitze", erzählt Baer, „zwei Embryonen in Weingeist aufbewahrt, deren Namen ich beizuschreiben vergessen habe, und nun bin ich ganz außer stande zu sagen, zu welcher Klasse sie gehören. Es können Eidechsen oder kleine Vögel, oder sehr junge Säugetiere sein, so vollständig ist die Ähnlichkeit in der Bildungs-

weise von Kopf und Rumpf dieser Tiere. Die Extremitäten fehlen indessen noch. Aber auch wenn sie vorhanden wären, so würden sie auf ihrer ersten Entwickelungsstufe nichts beweisen; denn die Beine der Eidechsen und Säugetiere, die Flügel und Beine der Vögel nicht weniger als die Hände und Füße der Menschen: alle entspringen aus der nämlichen Grundform.“ Ging man noch weiter zurück, so erweiterte sich die Analogie zu einer solchen geradezu mit allen Tieren überhaupt: der alte Satz „alles Lebende entspringt aus dem Ei“, gewann die Fassung: alles Lebende entspringt aus derselben Urform. Denn die eigentlichen „Eier“ aller Organismen (Tier wie Pflanze) stellen sämtlich dasselbe dar: ein Klümpchen lebendigen Stoffs ohne Organe, vergleichbar nur den niedrigsten aller lebendigen Wesen. Der Schluß lag nahe genug: wenn jedes höhere Einzelwesen seine individuelle Entwickelung mit der niedrigsten Stufe beginnen muß, dann andere durchlaufen muß, in denen es schon etwas höher stehenden Wesen täuschend gleicht, und endlich erst das „wird“, was es im System darstellt, erst zur „Art“ wird, — sollte da nicht dieser individuelle Prozeß ein Abbild sein eines großen geschichtlichen, — — sollten nicht alle „Arten“ sich von den sogenannten niederen zu den sogenannten höheren ansteigend im Laufe der Erdgeschichte auseinander, oder zum Teil auch aus gemeinsamen Wurzeln parallel zu einander, ebenfalls „entwickelt“ haben, und sollten sie nicht letzten Endes auch alle von einfachsten Urwesen abstammen, deren Form noch heute jedes „Ei“ wiederholt? Unklar und verworren dämmerte wirklich diesem und jenem (leider nicht gerade den Berufensten) die Idee auf, und auf alle Fälle war auch von hier aus ein Grundgedanke gegeben, der sich an der langsamen Wühlarbeit so vieler beteiligen durfte. Er war schon deshalb besonders wertvoll, weil er gleich den Menschen mithineinriß in die große Entwickelungslinie, falls man diese überhaupt einmal zugab. Wenn der Vogel mit der Schildkröte in gemeinsamem Ursprung an irgend einem Punkte verkettet sein sollte, so haftete auch der Mensch in dem gleichen Netz. Auch er erwuchs ja aus einem befruchteten Ei, aus der Verschmelzung zweier Zellen, — auch er glich als Embryo dem Embryo von Schildkröte und Huhn, — nichts war bei ihm besser oder schlechter, nichts „göttlicher“ und nichts „tierischer“ — er war einfach ein Glied nur in der Kette vom Moment ab, da man die Existenz dieser Kette irgendwo im Bereiche der Organismen überhaupt aufdeckte und zugestand.*)

*) Karl Ernst von Baer, der Begründer der modernen Embryologie, gehört nicht nur als vielseitiger Forscher, sondern auch rein persönlich zu den trefflichsten Vertretern echt naturwissenschaftlichen Strebens in neuerer Zeit. 1792 im Esthland geboren, veröffentlichte er 1828 und 1837 die beiden Bände seiner bahnbrechenden Studien über „Entwickelungsgeschichte der Tiere. Beobachtung und Reflexion.“ Zu Baers wichtigen Entdeckungen auf diesem Gebiete gehörte dabei

Je weiter das Jahrhundert sich der kritischen Wende jenseits der Fünfziger näherte, desto reicher und breiter wurde das Arsenal zu Gunsten der natürlichen Entwickelung, wenn auch niemand das offen zugeben wollte. **Schleiden** (1838) und **Schwann** (1839) hatten in sogleich mächtig durchschlagender Weise die sogenannte **Zellen-Theorie** begründet. Die zahllosen komplizierten Gewebe des Tier- und Pflanzenkörpers, mochte er nun einer höheren oder niederen Art angehören, erwiesen sich als zusammengesetzt aus stofflich gleichartigen Körperchen, die man (nicht gerade mit dem glücklichsten Ausdruck) „Zellen" nannte. Das grüne Blatt der Pflanze war ein kunstvoller Bau aus solchen Zellen ebenso gut wie das Muskelfleisch oder das Gehirn, ja selbst der Knochen des Menschen. Allenthalben stieß das verbesserte Mikroskop auf diesen grundlegenden Baustein. Und wieder war ein **Gemeinsames** gefunden, ein Band, das über alle äußere Formverschiedenheit des Systems hinausgriff und Art mit Art, ja Klasse mit Klasse, Reich mit Reich verband.*) Aber selbst die starren Grenzen zwischen der organischen und anorganischen Welt wurden (wenigstens für gewisse Gebiete) loser: die **Physiologie**, die Lehre von den Lebenserscheinungen, sah sich stets energischer genötigt, **Gesetze der Physik und Chemie auch für ihr Gebiet heranzuziehen.** Wenn aber solche Gesetze innerhalb der bestehenden Organismenwelt sich als thätig erwiesen an Stellen, wo man früher mystische „Lebenskräfte" gesucht, wenn sie auszureichen schienen zur Erklärung der verwickeltsten Prozesse selbst gar schon des Nervensystems der höchsten Tiere (was man zunächst mit mehr Mut als positiver Beweiskraft zu verfechten begann), so lag die Vermutung denn doch auch von hier aus auf der Hand, ob nicht auch die **Entstehung** der Pflanzen- und Tierarten zu Beginn der einzelnen Cuvier'schen Erdperioden am Ende doch nur ein **chemisch-physikalisches Problem**

---

unter andern auch die des menschlichen Eies (1827). Was man früher für das Ei gehalten, erwies sich lediglich als die Hülle, in der erst das wirkliche Ei, ein kugelförmiges Bläschen von 1/10 Linie Durchmesser (dem bloßen Auge also höchstens als Pünktchen erkennbar) verborgen war. Seitdem Baer 1834 definitiv nach Petersburg übergesiedelt, machte er sich aber auch durch zahlreiche Reisen (Lappland, Nowaja Semlja, Kaspisches Meer) um Geographie und Anthropologie in einer Weise verdient, daß ihm der Ruhm eines der vielseitigsten, Humboldt nahe kommenden Genies zugesprochen werden muß. Hochbetagt, erlebte er noch den ersten Siegessturm der Darwin'schen Ideen und Häkels kühne Verwertung der embryologischen Thatsachen für die Stammesverwandtschaften und das „natürliche System" der Organismen, wobei er allerdings mit seinen Zweifeln nicht zurückzuhalten wagte. Anziehend in hohem Maße und ein einzigartiges Dokument zur Geschichte nicht nur der Zoologie, sondern überhaupt des Geisteskampfes in unserm Jahrhundert ist Baers 1866 erschienene ausführliche Selbstbiographie, deren Lektüre nur aufs wärmste empfohlen werden kann.

*) Der Ausdruck „Zelle" verführt den Laien unwillkürlich zu dem Bilde einer Bienenwabe, er denkt sich den tierischen oder pflanzlichen Leib bei starker

sei, in das der Menschengeist trotz Kant recht wohl einmal eindringen könne. Genau in die Zeit vom Anfang des Jahrhunderts bis zum letzten Jahr vor Darwin (1858) fällt auf diesem physiologischen Gebiet die unvergleichlich segensreiche Lebensarbeit Johannes Müllers, dessen thatsächliche Entdeckerleistung ebenso wie der große Zug seines kombinatorischen Geistes ganz geschaffen waren, den Boden zu ebnen und eine reife Schülerschar zu erziehen für den künftigen Tag der neuen Saat, wenn der Blitz der Erleuchtung für die Biologie endlich herabgeflammt, auf den im Grunde ja doch alles hoffte, wenn auch jeder darüber schwieg.

Und noch ein schwerer Block war, während das alles sich regte und gärte, in die Wage gesunken, anfangs unbemerkt, nach und nach aber mit sicherem Gewicht sich fühlbar machend auch für die Unbefangensten. Ganz unabhängig von den brennenden biologischen Fragen erhielt Cuviers Katastrophenlehre von rein geologischer Seite aus einen Stoß, von dem sie sich nicht wieder zu erholen vermochte. Charles Lyell trat 1830 in England mit einer den Cuvier'schen Ideengängen fundamental widersprechenden großen Arbeit über die „Grundsätze der Geologie“ (Principles of geology, anklingend an Newtons Principia mathematica!) hervor. Cuviers Grundthese der Erdgeschichte hatte sich dahin zusammenfassen lassen: je weiter man in der Erdgeschichte rückwärts geht, desto deutlicher werden die Spuren ungeheuerlichster, periodisch wiederkehrender Revolutionen. Ruckweise fliegen Gebirge in die Höhe, versinken Kontinente, verödet und erneut sich die Lebewelt. Lyell setzte dem den ganz anderen Satz entgegen: je weiter man rückwärts geht, je mehr man das Bereich ungeheurer Zeitspannen, die nach vielen Jahrmillionen zählen, betritt, desto deutlicher und überraschender offenbart sich uns die Riesenleistung der ganz allmählichen Summierung auch der kleinsten Einzelwirkungen. Alles, was gewaltsam aussieht, ist in Wahrheit bloß Erzeugnis

---

Vergrößerung gern als solche „Wabe“ im kleinen, bei der symmetrisch gebaute Zellenwände sich aneinanderfügen, in deren Hohlraum sich der weiche Lebensstoff wie der Honig in der Wachszelle des Bienenstocks birgt. Das Bild paßt auch auf die Durchschnittsansicht der meisten Pflanzenteile, wird aber total hinfällig vor der Mehrzahl der tierischen Zellen, denen die feste Wand durchaus fehlt. Man vergegenwärtigt sich also die „Zelle“ besser als festflüssiges (weder festes noch flüssiges, sondern die Mitte haltendes) Klümpchen von beliebiger Größe und Gestalt, an dessen Stoff die eigentlichen Lebenserscheinungen gebunden sind. Unser menschlicher Körper besteht aus vielen Millionen solcher Zellen, unter denen eine höchst kunstvolle „Arbeitsteilung“ eingetreten ist, er bildet einen „Zellenstaat“. Nichtsdestoweniger genügt aber eine einzige Zelle anderswo zum vollkommenen Begriff des „Individuums:“ es giebt Wesen, die nur aus einer Zelle überhaupt bestehen. Und ebenso genügen auch beim Menschen zwei sich loslösende Zellen (eine Ei-Zelle und eine Samen-Zelle), um durch Verschmelzung und darauffolgende Zerspaltung den ganzen Millionenstaat von neuem aus sich hervorgehen zu lassen.

nachhaltigster Erneuerung immer derselben kleinen, noch heute vor unseren Augen fortwirkenden Ursachen im Laufe von Jahrmillionen. Wenn Cuvier sagt: ein Erdteil ist in gewaltsamer Katastrophe vom Meere verschlungen worden, die Ursache der Katastrophe kennen wir nicht, — so erwidert Lyell: es bedurfte gar keiner Katastrophe, um den Erdteil ver-



Johannes Müller (1801—1858).

schwinden zu machen, sondern nur einiger Zeit; noch heute, vor unseren Augen, nagt die brandende Meerflut unablässig winzige Teilchen vom Gestein der Küste ab; laßt diese Thätigkeit ungehemmt eine Million Jahre andauern, so ist der ganze Erdteil verschwunden und liegt als Sedimentschicht im Meeresgrund; das Sprichwort sagt: „Ein steter Tropfen höhlt den Stein“; erweitert das Wörtchen „stet“ nur zum Begriff von einigen Jahrhunderttausenden — und der Tropfen wird in den Stein eine Schlucht

gehöhlt haben, so tief wie der große „Cañon“ des Coloradostroms in Nordamerika, der bis zu 2000 m in das umliegende Plateau einschneidet. Lyell brauchte nichts als die heute noch offenkundigen Äußerungen der Erdthätigkeit (langsame Senkung und Hebung, die, summiert, bis zum Aufwachsen der höchsten Alpenketten führen mußte, Einwirkung der Atmosphäre, Temperaturschwankungen, Erosion durch die Küstenbrandung u. s. f.) und sehr lange



Charles Lyell.

Zeiträume, um den ganzen Wechsel der Erdperioden als einen vollkommen gesetzmäßigen, äußerst ruhigen Prozeß darzustellen, der wenigstens keine einzige große Katastrophe nötig machte. Im letzteren Punkte übertrieb er etwas. Sein so glücklicher Gedanke, das Bild der Erdvergangenheit ganz aufzubauen aus den auch heute noch wirksamen Faktoren der Erdveränderung, schließt die Möglichkeit kleiner, lokaler Katastrophen an sich nicht aus — solche haben ja wiederholt, z. B. im Gefolge der vulkanischen Erscheinungen, auch in historischer Zeit stattgefunden, mögen also auch früher ihre Rolle als gelegentlicher Faktor gespielt haben. Im ganzen aber waren Lyells Ideengänge so durchsichtig und schön, daß ein dauernder

Widerstand seitens der Cuvier'schen Schule, so heftig und zugleich höhnisch und siegesstolz er auch anfangs versucht wurde, nicht möglich war. In die Erdgeschichte kehrte der Frieden ein und die starre Schichtenabgrenzung der Epochen erwies sich in der Cuvier'schen Schärfe als ein ebenso „künstliches“ System wie das Staubfädenregister in der Botanik des großen Linné.

Im Augenblick, da Lyells Lehre durchschlug, mußte sich für die Paläontologie Eins ergeben, um das kein Mensch sich herumzudrücken vermochte: mit den gewaltsamen Katastrophen fiel die Vernichtung und damit auch die Neuschaffung der Tier- und Pflanzenarten für jede Epoche als „Gewaltakt“ fort. Und der Gedanke wurde abermals förmlich auf dem Präsentierteller zum freundlichen Gebrauch dargeboten — wenn auch unausgesprochen —, daß auch im Bereich der Organismen eine ähnliche Summierung verändernder Einzelwirkungen wie bei Fels und Brandung, Hebungsboden und Senkungsfeld sich nachweisen lassen müsse, die nach einer Folge von Millionen von Geschlechtern eine solche Veränderung bewirkt habe, daß die „Arten“ total erneut, ja zum Teil neue Gattungen, Ordnungen und Klassen gebildet worden waren. Die biologische Frage war nur: gab es im Tier- und Pflanzenleben solche „verändernden Einzelwirkungen“ überhaupt? Nagte irgend welche Brandung auch an der „Art“ und bröckelte winzigste Teilchen von ihr ab, wie die Woge des Ozeans vom Ufergestein? War das Geringste nach dieser Richtung nachzuweisen, so ergab sich eine Verallgemeinerung im Sinne Lyells beinahe von selbst. Man sieht: die Methode des Fragens mußte sich von Grund auf reformieren. Winzige Andeutungen, — Details, gewonnen aus langwieriger, aber beharrlicher Statistik, konnten den Stein jetzt ins Rollen bringen: zum Teil Dinge, an deren Aufzeichnung man bisher so wenig gedacht, wie die Schule Cuviers an das Studium der langsamen Erosion der Kontinentgrenzen durch das brandende Meerwasser. Aber gab es überhaupt solche Details? Die „strenge Wissenschaft“ verneinte sie vorläufig, so schien es allgemein. Statistiken jener Sorte hatte kein Mensch geführt. Wo man bisher an „Umwandlung der Arten“ gedacht, war doch der Gedanke einer gewissen „raschen Sichtbarkeit“ solcher Wandlung immer mit untergelaufen. Was thun, woher Material nehmen, wenn das Studium dieser Dinge dem Versuche Lyells folgen mußte, über Millionen weg zu raten und durch Zählen abgebröckelter Felsatome das Verschwinden von „organischen“ Kontinenten zu enträtseln?

Mehr als fünfundzwanzig Jahre lang legten die berufensten Vertreter der Wissenschaft trotz Lyell die Hände in den Schoß. Die Geschichte schien zu schwer.*) Lyell selbst äußerte sich nicht zur Sache, — später

*) Philosophen lösten das Problem freilich hier und da auch jetzt wieder ohne jeden Skrupel, wie einst Oken und noch viel früher die Griechen gethan. Schopenhauer zweifelte nicht, daß die Menschen vom Orang-Utang



Die Faraglioni-Klippen bei der Insel Capri,
ein Beispiel der langsamen Zerstörung steiler Ufer durch die rastlose Thätigkeit des brandenden Meerwassers. (Vergl. Text S. 29, sowie die näheren Ausführungen im dritten Buch.) Nach einer Photographie von Sommer & Sohn in Neapel.

allerdings wohl wesentlich deshalb, weil er einen Besseren, nach jeder Hinsicht Kompetenteren bei der Arbeit wußte.

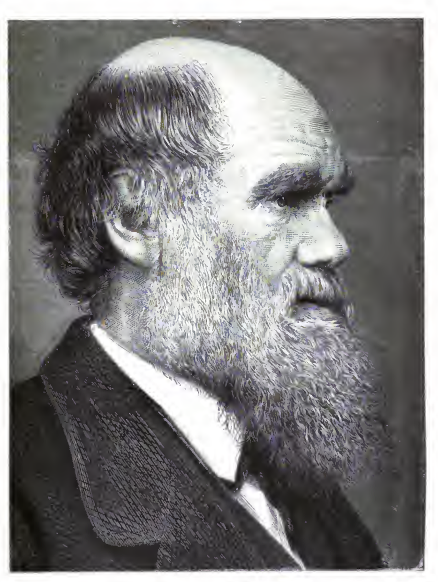
In der That: Einer unter so vielen hatte im Verlauf dieses Vierteljahrhunderts unablässig doch die gegebene Spur verfolgt. Es ist nur ein Akt geschichtlicher Gerechtigkeit, daß — trotz so vieler Vorläufer, trotz so zahlreicher durch andere gegebener Anregungen — der ganze Ruhm, der mit dem Worte „Entwickelungslehre" überhaupt zu verbinden war, diesem Einen sich denn auch ums Haupt gewunden hat, als er endlich mit dem abgeklärten Resultat seiner langen, mühevollen Arbeit vor die Öffentlichkeit trat. Der einsame Pionier war Charles Darwin, Lyells Landsmann und Freund.

Das entscheidende Werk Darwins: „Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl oder die Erhaltung der begünstigten Rassen im Kampfe ums Dasein" erschien im November 1859, sechs Monate nach dem Tode Alexander von Humboldts, dessen Abberufung im Mai des Jahres die Riesenarbeit seines „Kosmos" eben da sistiert hatte, wo der geologisch-biologische Schlußteil beginnen sollte — ein zufälliges Zusammentreffen, dessen Symbolik doch etwas Ergreifendes hat.

Darwin, mit dem wir uns nach so langer Einleitung nun endlich selbst zu beschäftigen haben, gehört geistig wieder ganz zu jenen glücklichen Naturen, die man in gewissem Sinne als Realisten bezeichnen darf, — wobei Realist so viel heißt, wie ein Kopf, der sich an der vor Augen stehenden Wirklichkeit genügen läßt, nicht weil er von ihr überwältigt und zur Unthätigkeit verurteilt worden wäre, sondern gerade umgekehrt, weil er sich mit ihr angefreundet hat und sich mit ihr in

und Schimpanse stammten. Aber gerade solche allgemeinen Schlüsse, an die sich keine greifbaren Bilder knüpften, verletzten den strenger gewöhnten Forscher. Alexander von Humboldt äußert sich darüber gelegentlich sehr fein zu Varnhagen, als David Strauß seine scharfe Kritik der Evangelien und des kirchlichen Christus-Bildes veröffentlicht hatte. Die Methodik der Bibelkritik billigt er vollkommen. Doch sagt er: „Was mir an Strauß gar nicht gefallen hat, ist der naturhistorische Leichtsinn, mit dem er in Entstehung des Organischen aus dem Unorganischen, ja in Bildung des Menschen aus chaldäischem Urschlamm keine Schwierigkeit findet." Strauß wollte ein natürliches Werden an Stelle der biblischen Schöpfung haben. Aber indem er sein Neues nicht klar zu definieren wußte, stieß er gerade den selbst so vollkommen frei denkenden Naturforscher zurück. Nachmals hat übrigens Strauß in seinem Buche vom „Alten und neuen Glauben" sehr lebhaft für Darwin Partei genommen und selbst bekannt, wie nötig die „Aufklärung" der positiven Arbeit der Wissenschaft bedarf, wenn sie nicht in der Luft stehen soll!

ihrer Sprache zu unterhalten und von ihr bessere Antwort zu erhalten weiß, als sie der Philosoph ihm giebt. Von Haus aus waren nicht das Museum, wo das System, und der Hörsaal, wo die Autorität einer Schule herrschte, sein Element, sondern die **Natur**. Früh war er Sammler und Jäger, ohne nach den eigentlichen Sporen des offiziellen Fachmanns viel Verlangen zu tragen. Dann machte ihn eine ernste Schicksalslaune zum verantwortlichen Naturforscher einer großen, auf lange Jahre berechneten Expedition um die Erde, die das Schiff „Beagle“ unter Kapitän Fitz Roy unternehmen sollte. Es war eine harte Probe seiner Leistungsfähigkeit. Er selbst faßte die Stellung sogleich sehr „verantwortlich“. Sie führte ihn vor eine große Masse höchst wichtiger Probleme aus allen drei Reichen der irdischen Naturkunde, an denen er zum Teil unter den schwierigsten Verhältnissen bewähren sollte, ob er das leisten könne, was allerdings mehr, aber auch schwerer war als Auswendiglernen, — nämlich **Beobachten**. Als die Reise beginnt, ist er zweiundzwanzig Jahre alt (1831), also recht eigentlich noch in den Studentenjahren. Aber die sittliche Energie, womit er sich an seine Aufgabe macht, zeigt ihn sogleich als Mann, und der Zwang der Dinge stählt einen Charakter, der sich nie mehr verleugnen soll während eines langen, grade im letzten Drittel noch sehr sturmbewegten Lebens. Fünf Jahre dauert die Weltfahrt. Sie berührt Punkte (Patagonien, Feuerland, Chile, Galapagos-Archipel), wo jeder Schritt eine Entdeckungsreise auch im Handgreiflichsten ist. Das Resultat ist ein geradezu überwältigendes. Der Sammler, der eigentliche „Entdecker“ auf neuem Boden, hat eine enorme Masse Material angehäuft. Aber was noch viel überraschender wirkt, ist die Fülle der Beobachtungen **höheren Grades**: die fruchtbaren Ideen über die Entstehungsweise zunächst geologischer Verhältnisse. Die berühmteste Leistung, die Darwins Namen alsbald in alle Lehrbücher trug, war die Theorie der **Korallenriffe**, die nicht lange nach Vollendung der Reise erschien und eine der geheimnisvollsten Erscheinungen gegenwärtiger wie vergangener Zeit mit genialster Methode zu lösen versuchte. Am passenden Ort wird sie in diesem Bande uns noch näher beschäftigen. Freunde sicher umrissener Landschaftsbilder entzückte daneben der Forscher nicht minder durch die Veröffentlichung seines Reisetagebuchs (1845), das von kompetenten Urteilern sogleich den ersten und gefeiertsten Dokumenten der doch seit Forster und Humboldt so reichen Reiselitteratur zugerechnet wurde. Beinah fünfzehn Jahre vergingen jetzt. Darwins Name gehörte zum eisernen Bestand der Wissenschaft. Aber man hörte in diesen Jahren im ganzen wenig Neues von ihm. Seine durch die Reisestrapazen schwer geschädigte Gesundheit hatte ihn aus dem Londoner Lärm flüchten lassen, er wohnte eine Bahnstunde von den schwarzen Qualmsäulen des großstädtischen Ungetüms auf lieblichem, grünem Landsitz, durch eine ebenso glückliche wie materiell gesegnete Heirat allem wirtschaftlichen Daseinskampfe



Charles Darwin.
geb. 1809, gest. 1882

entrückt und ganz seinen Studien geweiht. Was studierte er? Ein kleiner Kreis Eingeweihter, zu denen auch Lyell gehörte, schwieg beharrlich und geduldig, wie der Meister selbst. Autoritäten kamen und gingen in dieser Zeit. In Deutschland stritten sich die Bibelgläubigen unter Führung des frommen Göttinger Physiologen Rudolf Wagner mit dem jungen Materialisten Karl Vogt über die Beweiskraft der mosaischen Schöpfungslegende. Die alte persönliche Schule Cuviers begann langsam auszusterben. Zuletzt gingen auch die größten Koryphäen der freien Naturforschung überhaupt einer nach dem andern dahin: Johannes Müller, Leopold von Buch, endlich der scheinbar unsterbliche Alexander von Humboldt selbst. Eine neue Generation drängte aus den Hörsälen, die zu Darwin schon wie zu einem von den Alten zurückschaute. Lyells Lehre aber hatte auf der ganzen Linie Posten gefaßt und begann die Geologie allmählich von Grund auf zu revolutionieren.

Da geschah etwas Seltsames. Ein junger, kühner Kopf, der an den klassischen Bildern der Darwin'schen Reiseschilderungen sich herangebildet und selbst zum Aufsuchen fernster Tropenlandschaft begeistert, Alfred Russel Wallace, sendet von Borneo, wo er auf einer langen und ergebnisreichen zoologischen Exkursion durch den Malayischen Archipel, die Heimat des Orang-Utang und des Paradiesvogels, gerade Station gemacht, ein Manuskript an Lyell mit der Bitte, es einer Londoner wissenschaftlichen Vereinigung zur Veröffentlichung vorzulegen. Dieses Manuskript enthält eine Hypothese über die natürliche Entstehung neuer Tier- und Pflanzenarten durch die im Kampfe ums Dasein rein mechanisch ausgeübte Auslese der passendsten Varietäten. Alle Arten ändern stets ein klein wenig ab, bleiben aber bei gleichen Existenzbedingungen doch im ganzen konstant. Sobald diese Bedingungen sich aber änderten, so erhatte, meinte Wallace, sich nur die entsprechende Varietät, diese komme allein zur Fortpflanzung und werde in konsequenter Folge durch immer erneute Auslese schließlich zu einer „neuen Art“ umgeformt. Als aber nun so zufällig Lyell als Erster diese Ausführungen Wallace's zu Gesicht bekam, da gestand er sich, daß hier ein über alle Maßen eigenartiges Verhängnis im Begriff stehe, sich zu vollziehen. Denn Lyell wußte, daß seit mehr als zwanzig Jahren Darwin gerade diesen Gedanken mit sich herumtrug und zur Basis weitgehendster, zur Veröffentlichung längst bereiter Studien gemacht hatte. Alles Zögern, alle ängstliche Bescheidenheit, die nur mit einem ganz abgeklärten Werke vor die Fachgenossen treten wollte, mußte angesichts solcher Fügung fallen: Lyell bewog den Freund, einen ersten Abriß seiner Lehre gleichzeitig mit dem Eingesandten des fernen Wallace der Londoner Gesellschaft zu unterbreiten. Wenig später erschien das Buch von der „Entstehung der Arten“ im Druck, vor dessen überwältigend reicherem Material Wallace selbst bescheiden auf jeglichen Anspruch hinsichtlich des Prioritätsrechts verzichtete.

Mit Staunen erfuhr die Welt, vor welcher harten Nuß Darwin so lange „geschwiegen“. In der allgemeinen Verzagtheit hatte er den Mut gefunden, dem „heimlichen Problem“ der zeitgenössischen Biologie beherzt auf den Leib zu rücken, und er hatte — wenigstens seiner ehrlichen Überzeugung nach — das Problem wirklich gelöst, das Gespenst bezwungen, das nun mehr als ein halbes Jahrhundert wie ein Alp auf der Wissenschaft vom Leben lag.

Die Anfänge der Entwickelungstheorie gehen auf Darwins auch sonst so folgenreiche Reise zurück. Sie knüpfen an bei echten „Wirklichkeits-Bildern“. Und Ausschnitte solcher Wirklichkeit bleiben ihr treu im weiteren Verlauf. Das erklärt den ganz einzigartigen Reiz, den Darwins Leistung nicht bloß im Enderfolg, sondern vor allem auch in ihrer Methode auf den Leser ausübt. Mag der Ausbau der Hypothesen im einzelnen Schwankungen unterliegen, wie er will: im ganzen ist Darwins Verfahren die vorläufige Krone aller methodologischen Ausbildung der Menschheit, — das typische Beispiel der Neuzeit im Beginn wie im Erfolg, das wie in einen Brennpunkt alles sammelt, was seit Galilei an wissenschaftlicher Zielbewußtheit und Methode gewonnen war, und das als solches wohl geeignet sein mag, eine in ihren zeitlichen Grenzen beschränkte Entwickelungsgeschichte der menschlichen Kenntnis von der Natur zum wenigstens relativen Abschluß zu bringen.

Aus der Ablagerung des Pampaslehms von Bajada in Südamerika, der dem Diluvium (also einer uns noch sehr nahestehenden, bereits von Menschen bevölkerten Zeitepoche der Erdgeschichte) zugezählt wird, gräbt zu Anfang Oktober des Jahres 1833 der sammelnde junge Forscher den kesselartig gewölbten, hohlen Riesenpanzer eines ausgestorbenen Gürteltieres von Nashorn-Größe aus. Und ihm tritt ins Bewußtsein, daß heute noch derselbe Erdteil, Süd-Amerika, einzig von allen der Erde Gürteltierarten (allerdings wesentlich kleinere) beherbergt. Sind diese heutigen Arten nicht Nachkommen, fragt er sich, veränderte, verkleinerte Nachkommen jener Kolosse des Diluviums?

Auf den Galapagos-Inseln findet sich ein erweiternder Gedanke dem Reisenden dazu. Eine seltsame, einsame Inselgruppe, im Mittel fünfhundertfünfzig englische Meilen von der nächsten Festlandküste (Süd-Amerika) entfernt. Zehn Hauptinseln, wie ein Sieb durchlöchert, eine einzige große Kolonie von mindestens zweitausend mehr oder minder verwitterten Vulkankratern, unfruchtbar im Flachen, mit feuchtem Klima und üppiger Vegetation aber an den hohen Stellen, bevölkert von ungeheuren Landschildkröten und einer geheimnisvollen Eidechse, die nach Art der alten Saurier der Jurazeit ins Meer hinausschwimmt und Seetang frißt. Dazu noch ein besonderes biologisches Wunder! Die ganze Tier- und Pflanzenwelt aller der Inseln trägt das Merkmal an der Stirn, daß sie aus Südamerika herübergewandert ist. Aber in der Abge-

schlossenheit der Inselwelt hat sie sich zu gesonderten Arten ausgebildet. Und nicht nur das. Die einzelnen starren Kratereilande sind unter sich wahrscheinlich seit alters streng voneinander getrennt; starke Meeresströmungen scheiden die südlichen von den nördlichen und wieder die nördlichen unter sich; kein Sturm weht und kann Vögel, Insekten und Pflanzensamen von Insel zu Insel treiben; der Ozean in den trennenden Armen ist abgrundtief. So ist auch das Wunder möglich geworden, daß auf



Darwins Arbeitszimmer in Down.

den verschiedenen, so scharf gesonderten Eilanden jene eingewanderten, zwangsweise bei Gelegenheit herübergetriebenen südamerikanischen Tier- und Pflanzenarten sich individuell umgestaltet haben, hier so und hier so, immer noch dem Urbild nah, aber mit gewissen, jeder Insel charakteristischen Einzelabweichungen. Wenn die „Erschaffungstheorie" recht hatte, so war dieses Verhalten ohne Sinn. Warum hatte der Schöpfer für die Galapagos-Inseln sich den Typus Patagoniens und Chiles im ganzen vor Augen gehalten, dann aber für jedes der Inselchen apart variiert? Lag es nicht auf der Hand, jene Einwanderung aus dem Festlande und die lokalen Absperrungen der Inseln voneinander als Grundthatsachen zu nehmen

und sich zu gestehen, daß hier in der That ein unzweideutiges Zeugnis vorliege für eine natürliche Umwandlung der Arten unter veränderten Existenzbedingungen und durch solche? Darwin war der Mann, mutig das Logische auszudenken. Schon in seinem Reisetagebuch findet sich der Satz, daß diese Galapagos-Inseln uns „jener großen Thatsache — jenem Geheimnis aller Geheimnisse — dem ersten Erscheinen neuer, lebender Wesen auf der Erde", näher zu bringen schienen. Und ihn haben sie allerdings näher gebracht, wenn es auch noch eines weiten Umweges bedurfte.

Daß die Arten sich änderten, sich unter verändertem Druck der Verhältnisse wandelten, bis neue, den neuen Verhältnissen angepaßte aus ihnen hervorgegangen, hat dem Heimgekehrten wohl bereits als allgemeiner Satz klar festgestanden. Aber wie geschah es? Welche Wege nahm jener äußere Druck, um Neues, dem Neuen Angemessenes zu erzeugen? Der reine Intuitionsmensch, der bloß poetische Kopf hätte sich genügen lassen an jenem Gedankenblitz und nun lustiger Spekulation Thür und Thor aufgethan. In diesem eisernen Arbeiter aber war die ganze Heranschulung der Menschheit zur Induktion und schrittweisen Vorwärtswanderung von Thatsache nur zu Thatsache Fleisch geworden, und so mußte sein Weg ein anderer sein.

Darwin befreundete sich als echter Praktiker zunächst daheim auf seinem Landsitz mit der jedem Landwirt und Züchter wohlbekannten, den Museumsweisen wie den Philosophen in ihrer Diogenes-Tonne aber bis dahin nahezu unerhörten Thatsache, daß nach einer ganz bestimmten Methode seit langem schon der Mensch neue Formen bei Zierblumen seines Gartens oder Nutz- und Luxustieren seines Stalles oder Taubenschlags künstlich heranzüchtet und gleichsam „fest" macht. Der Landwirt oder Sport-Gärtner weiß genau, daß unter vielen jungen Tieren oder Pflanzen einer Art stets eine Anzahl mehr oder minder in Kleinigkeiten abweichender „Varietäten" sich finden; wissen wir das doch schon vom Menschen, wo nicht leicht zwei Kinder selbst von denselben Eltern sich völlig gleichen. Soll nun eine dieser Varietäten, die sich vielleicht durch irgend eine Eigenschaft, Farbe, Form, Seltsamkeit oder Schönheit irgend welcher Art (man denke an Rosen, Georginen, Tauben u. s. f.) besonders bemerkbar macht und dem Züchter einen Erfolg bei Liebhabern verspricht, „fixiert" und verstärkt werden, so wählt der Züchter von den am meisten dahin neigenden Exemplaren zwei geschlechtskräftige aus, bringt sie zur Befruchtung oder Paarung, sondert von der hier entsprossenen, meist schon stärker nach der gewünschten Seite inklinierenden Generation abermals die „besten", d. h. die am stärksten in seinem Sinne abgeänderten Individuen ab u. s. f., — bis endlich eine reine, fortan durch Paarung sich stets erneuernde Varietät bestimmter Art erzielt ist. Es ist in diesem Falle, wie gesagt, der Mensch, der die Varietät konstant „macht". Aber Darwin zog, nachdem er dieses menschliche „Machen" genügend studiert, den einfachen Schluß, daß, was der Mensch

„will“, die Natur einfach geschehen lassen „muß“. Das heißt: um in dem früher gebrauchten Beispiel zu bleiben, — auf die Galapagos-Inseln wandert eine südamerikanische Tierart etwa ein. Bei dieser giebt es zahlreiche Varietäten, wie bei allen Arten. Darunter auch solche, die für die veränderten Verhältnisse einer Insel besser passen, als andere. Auf dem Festland waren solche Varietäten belanglos im Kampfe um die Existenz. Auf der Insel erlangen sie ein Übergewicht über die anderen. Sie haben günstigere Chancen, geschlechtsreif zu werden und Nachkommen zu erzeugen. Diese Nachkommen werden die „*nützliche*“ Varietät schon reiner vertreten. Die natürliche Auslese wird aber auch unter ihnen immer noch weiter gehen, bis schließlich die Varietät sich fixiert hat, zur angepaßten neuen Art geworden ist. Die Natur, d. h. der Kampf ums Dasein und die Existenzbedingungen, „züchten“ Arten also im Prinzip genau so wie der Mensch, bloß „blind“. Alles, was nicht paßt, geht unter. Von tausend Varietäten erhält sich stets die den Verhältnissen am *besten angepaßte*, die *siegreichste*. Nützliches und Unnützliches entsteht beständig in Masse. Aber das Unnützliche wird sofort ausgemerzt. So erscheint die organische Welt schließlich aufgebaut auf lauter „Zwecken“, während sie in Wahrheit ein rein mechanisches Produkt ist.

Dies im gröbsten Umriß der Darwin'sche Grundgedanke; seine Schwierigkeiten wie seine engeren Beweise habe ich an späterer Stelle dieses Buches noch genau genug zu erörtern, — hier genüge der Hinweis. Der *Erfolg* der Darwin'schen Idee war ein *ungeheuerer*. Nicht im ersten Moment, aber sehr bald. Zum allerersteumal war der „Zweck“ in den Organismen: die „Anpassung“ der Arten an ihre Existenzbedingungen auf einen *mechanischen* Prozeß zurückgeführt. Ob gerade dieser Zuchtwahlprozeß der einzig maßgebende, der vor jedem Fall ausreichende war, kam dabei nicht so sehr in Betracht, als der Nachweis einer *Möglichkeit überhaupt*. Langsam, mit dem Bekanntwerden des Darwin'schen Buches zu Beginn der sechziger Jahre, breitete sich die Ahnung aus, daß die große Wende der Biologie endlich eingetreten sei. Mancher alte Herr wütete wohl und erklärte das Ganze für ohnmächtigen Schwindel. Aber die Zeit dieser Alten war im Grunde längst dahin, ehe noch Darwin gesprochen.*) Eine

*) Der eigentliche Stamm der „Antidarwinianer“ vom Schlage Agassiz', der an der Konstanz der Arten und dem „Erschaffungs-Begriff“ festhielt, ist im Laufe der drei Jahrzehnte seit Darwins Auftreten thatsächlich fast bis auf den letzten Kopf ausgestorben. Wenn in den heftigen und oft nur allzu persönlich gefärbten Debatten der modernen Biologie dagegen hier und da eine gewisse neue Art von „*Opposition gegen den Darwinismus*“ bemerkbar wird, die den Laien verwirren könnte, so handelt es sich hier lediglich um mehr oder minder willkürliche Definitionen und Begriffsunklarheiten. In Wahrheit geht der Geist Darwins durch alle diese Debatten und beherrscht sie nach wie vor, mag man nun das Wort wollen oder nicht. Und wo diese Debatten über

junge, erwartungsreiche Generation stand an ihrer Stelle. Und in ihr Denken fiel die Abstammungs- und Zuchtwahllehre wie befruchtender Tau. Das Museum kam in Alarm. Denn eine wirklich wissenschaftliche Begründung der Entwickelungslehre im Organischen bedeutete hier nichts anderes als Neubau des gesamten Systems. Philosophische Köpfe ahnten nicht minder die ungeheuere Tragweite dieser biologischen Umwälzung. Galt es doch Eroberung des letzten Ringstücks im geschlossenen Kreislauf der mechanischen Welt bis zum Menschen herauf. „Licht wird auf den Ursprung der Menschheit und ihre Geschichte fallen" hatte Darwin selbst in den Schlußworten seines Buches ernst vordeutend gesagt, und gerade dieser Gedanke schlug durch wie ein zündender Blitz in trockenem Gesträuch, das endlose Unfruchtbarkeit gedörrt. Es waren in der That diese beiden Ecken, die rein systematisch-morphologische und die verallgemeinernd-philosophische, die zunächst den größten Gewinn aus Darwins Lehre ziehen sollten. Für sie lag das Entscheidende darin, daß man angesichts der Anpassungstheorie, die eine mechanische Erklärung der Artumwandlung wenigstens als Möglichkeit endgiltig darthat, den längst im stillen gehegten, seit Lamarck fortwuchernden, an Lyell sich so mit Notwendigkeit anfügenden Gedanken an eine natürliche Entwickelung, einen „Stammbaum" der Organismen, nicht mehr scheu zu unterdrücken brauchte, ja offen proklamieren durfte als den einzig verständigen und wissenschaftlich zulässigen. Erst ziemlich viel später hat man dann an das Problem der Zuchtwahltheorie im engeren kritisch sich herangemacht und (wozu übrigens gerade Darwin selbst unablässig mahnte!) die großen Schwierigkeiten erkannt, die beim ersten Auftreten der Varietäten und in der Vererbungsfrage noch zu bewältigen waren, — Schwierigkeiten, die in wesentlichen Punkten heute noch Gegenstand lebhaftester Kämpfe sind, ohne daß deswegen aber gegenwärtig mehr irgend ein nennenswerter und ehrlicher Naturforscher jenes Grundprinzip einer natürlichen „Entwickelung" der Organismen anzuzweifeln wagte.

Ohne Stürme erfolgte der Sieg der neuen Sache natürlich nicht. Wo immer auf geologisch-biologischem Gebiet noch Reste strengen Bibelglaubens bis in die zweite Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts sich erhalten, focht man um die Schöpfungstheorie der Organismen als das letzte Bollwerk,

Darwins Anschauungen im Detail hinausgehen, neuen Wahrheiten entgegen und vor neuen Thatsachen belehrt, da sind sie erst recht seines Geistes voll. Denn gerade das blind geglaubte Dogma und die fortschrittsfeindliche „Autorität" hat Darwin wie kein zweiter bekämpft, er hat gelehrt, daß es absolut nichts über der Wahrheit gebe und daß es für den echten Naturforscher nicht schmerzlich, sondern ehrenvoll sei, vor der besser ergründeten Thatsache sich zu beugen und ohne Ansehen der Person der Wahrheit die Ehre zu geben. Wer das anzuzweifeln wagt, der beweist eben nur, daß er nie eine Zeile seiner Werke gelesen hat.

dessen Zerstörung den endgiltigen Sturz der mosaischen Legende bedeutete. Aber eine zähe Garde scharte sich auch sehr bald um Darwin selbst und nahm dem stillen Gelehrten einen Teil der groben Arbeit ab, den er hinter seinen Gewächshäusern und grünen Parkbäumen gern energischeren und kampfesfroheren Köpfen überließ. In England war es in erster Linie der Zoologe **Thomas Huxley**, ein prächtiger Kerntypus der Zeit, gleich unentwegt an Geisteskraft wie an Wärme des Gemüts, der mit einer denk-



Thomas Hurley.

würdigen Schrift über „**die Stellung des Menschen in der Natur**" 1863 grade den für das Kosmosbild im ganzen allerwichtigsten Punkt, die Abstammung des Menschen von affenähnlichen Säugetieren, herausgriff und glänzend behandelte. Unzweideutig klar wies er darin nach, wie der „Mensch" anatomisch in der Reihe der Säuger **weniger** vom höheren Affen (Gorilla, Schimpanse) verschieden sei als jeder dieser höheren Affen wieder vom niedrigeren Affen und Halbaffen.*) Auf dem Kontinent verkündete **Karl**

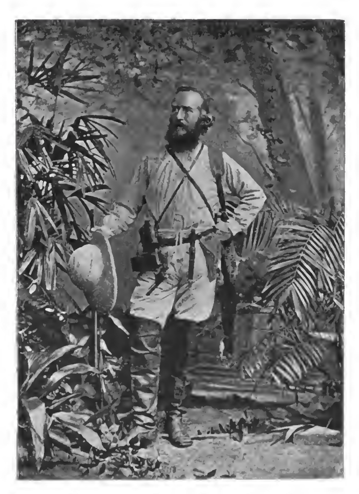
*) **Thomas Huxley** (geb. 1825) hat neben zahlreichen fachwissenschaftlichen Arbeiten ersten Ranges sich noch ein ganz besonderes Verdienst um die Ausbildung einer freien und naturgemäßen Weltanschauung in unserer Zeit

Vogt, längst einer der angesehensten und vorurteilsfreiesten Vertreter deutscher Naturforschung, dem eigenes Urteil in besonderem Maße zuzutrauen war, uneingeschränkt seine Parteinahme für Darwin, — auch er mit konsequenter Erweiterung des Abstammungsgedankens aller Organismen zu. Abstammung des Menschen vom Affen.*) Sieben Jahre nach dem Erscheinen von Darwins Hauptwerk endlich (1866) gab ein jüngerer deutscher Zoologe, Ernst Häckel, in seiner „Generellen Morphologie (auf Abstammungsverhältnissen aufgebaute Formenlehre) der Organismen" zum erstenmal einen übersichtlichen Grundriß des neuen, natürlichen Systems der lebenden Wesen, bei dem die Anordnung sich dem durch die Epochen der Erdgeschichte zu verfolgenden wirklichen Stammbaum nach Kräften anzuschließen suchte. Das Buch bezeichnet den größten Wendepunkt der Systematik seit Cuvier und Baer, und seine groben Umrisse natürlicher Stammbäume der einzelnen Gruppen sind, trotz aller Wandlungen, im wesentlichsten der Sache, wie auch vor allem in der Methode, zur Grundlage für die ganze gegenwärtige Systematik geworden. Kein Gebiet der gesamten Biologie existiert aber überhaupt, in dem nicht einzelne glückliche Ideen des Werkes die fruchtbarsten Anregungen gegeben hätten. Einen besonderen Nachdruck legte es auf die oben berührten eigenartigen Thatsachen der vergleichenden Embryologie, die von Häckel (im Anschluß an Fritz Müller, aber nachhaltig erweitert) zu dem Satze verallgemeinert wurden, daß die individuelle Entwickelungsgeschichte (Keimesgeschichte, Ontogenie) jedes organischen Wesens (also etwa die des Menschen im Mutterleibe vom Ei bis zum geburtsfähigen Kinde) durchweg eine (wenn auch abgekürzte und vielfach durch Anpassungen verschobene und unterdrückte) Wiederholung der geschichtlichen Entwickelung der betreffenden Art (Stammesgeschichte, Phylogenie) vor Augen führe, — beim Menschen z. B. in der Weise, daß die embryonale Entwickelung mit dem Ei, d. h.

---

durch seine vorzüglichen populären Schriften erworben. Sie zeigen ihn als den berufenen Volkslehrer, wie er sein soll, schlicht und doch vornehm im Vollbewußtsein seines Wissens, zum Verständnis des Einfachsten herabsteigend und doch ein unnachsichtiger Verkünder der hohen Mission der Naturforschung. Alle seine (auch ins Deutsche übertragenen) populären Schriften sind aufs höchste zu empfehlen.

*) Es verdient, obgleich ich darauf noch einmal später eingehender zurückkomme, bereits hier erwähnt zu werden, daß schon die ersten wissenschaftlichen Vertreter des Darwinismus aus ganz bestimmten anatomischen und sonstigen Gründen nicht der Ansicht huldigten, als sei eine der heute lebenden menschenähnlichen Affenarten, wie etwa der afrikanische Gorilla, der direkte Urahne des Menschen. Vielmehr hat man sich eine gemeinsame Wurzel (in irgend einer ausgestorbenen, in Skelettresten bis jetzt nicht nachgewiesenen, allerdings affenähnlichen Tierform) zu denken, von der im Laufe der Zeiten in paralleler Entwickelung sowohl der Mensch, wie auch die jetzt lebenden menschenähnlichen Affen ausgegangen sind.



Ernst Haeckel
Ceylon 1881

Ernst Häckel in der Tracht seiner Reise nach Ceylan 1881.
Nach einer Photographie von Friedrich Haack in Jena.

der einzelnen Zelle, der die ältesten Urwesen voreinst entsprochen haben, beginne, dann niedrigste tierische Stadien, eine Wurm-Form, eine kiementragende Fisch-Form, eine Amphibien-Form, eine Schnabeltier-Form u. s. w. bis schließlich zu einer Affen-Form durchlaufen müsse als Abglanz gleichsam der wesentlichsten unter den wirklichen Ahnenstufen. Häckel brachte ein umfangreiches Material über diese Dinge zusammen und suchte zu zeigen, wie von den noch heute erfolgenden Embryonalentwickelungen kraft jenes „biogenetischen Grundgesetzes“ sich nun die wichtigsten Anhaltspunkte für den (in den paläontologischen Urkunden nur sehr fragmentarisch überlieferten) Stammbaum der Arten ablesen ließen. Die nähere Ausgestaltung dieses kühnen Gedankens hat in der Folge zu einer großen und nach allen Richtungen hin praktisch äußerst fruchtbaren Debatte geführt, die auch der Erforschung der embryologischen Thatsachen an sich zu einem alles Frühere weit überflügelnden Aufschwung verholfen hat.*)

Darwin ging während all dieser Zwiste und Siege seiner Genossen selbst unbekümmert und bedächtig wie der Weise aus Goethe's Faust „seinen Gang“. Das Buch von der „Entstehung der Arten“ galt ihm, nachdem er sich überhaupt endlich zur Veröffentlichung seiner angesammelten Schätze entschlossen, nur als eine Abschlagszahlung. Es folgte zunächst die große zweibändige Materialsammlung „Das Variieren der Tiere und Pflanzen im Zustande der Domestikation“ (1868). Dann kam (1871) das lang ersehnte, von verschiedenen Anhängern in ihrer Weise bereits selbständig ergänzte Schlußstück: „Die Abstammung des Menschen“ und im gleichen Werke eine höchst wertvolle Studie über die „Geschlechtliche Zuchtwahl“. Sehr behutsam, aber doch im ganzen mit unzweideutiger Entscheidung schloß sich Darwin in der Menschheits-Frage den

---

*) Ernst Häckel (geb. 1834 zu Potsdam, seit 1862 Professor der Zoologie in Jena) hat seine zuerst in der „Generellen Morphologie“ niedergelegten Gedanken in der Folge in den gemeinverständlichen Werken „Natürliche Schöpfungsgeschichte“ (achte Auflage 1889) und „Anthropogenie (Entwickelungsgeschichte des Menschen, vierte Auflage 1891) weiter ausgeführt. Diese Werke haben mit Recht eine beispiellose Verbreitung gefunden und die gesamte geistige Bewegung unserer Zeit weit über das engere biologische Fachgebiet hinaus aufs nachhaltigste beeinflußt, — ein Einfluß, der durchaus nicht von der endgiltigen Richtigkeit dieser oder jener Einzelthatsache (diese sind mit den zahlreichen, stets sorgsam nachgefeilten Auflagen vielfach vom Verfasser selbst verändert worden) abhängt, sondern in allem Wesentlichen Ergebnis des einheitlichen Grundgedankens und individuellen geistigen Kerngehalts ist. In einer Zeit pessimistischer Negation, wie sie die letzten Jahrzehnte so vielfach darstellen, suchten diese Bücher mit beredtester Sprache den Blick auf das Positive zu lenken, die Freude an dem großen Gesamtbilde einer einheitlichen Natur zu wecken, — und diese Aufgabe haben sie bei Unzähligen erfüllt. Häckels fachwissenschaftliche Spezialforschungen (niedergelegt in den von ihm selbst prachtvoll illustrierten Monographieen der Radiolarien, Kalkschwämme, Medusen u. a.),

Ansichten von Huxley, Vogt und Häckel an und stützte sie bloß noch nach seiner Art mit einer Materialmasse, wie sie eben nur diesem musterhaften Arbeiter, in dem Sammel-Genie und kombinatorisches Ordnungs-Genie sich die Wage hielten, zu Gebote stehen konnte.

Im großen und ganzen war damit erschöpft, was der Meister selbst zu seiner Lehre noch sagen wollte. Seine eigentliche wissenschaftliche Leistung aber reichte noch außerordentlich viel weiter. Nicht nur, daß er die neuen Auflagen der „Entstehung der Arten" aufs sorgsamste durchsah und durch die Art seiner Polemik gegen bessere Gegner zu wahren Musterleistungen von höchster ethischer Wirkung ausgestaltete, an denen alle lernenden Generationen sich bilden konnten: — er erwies sich auf den verschiedensten Gebieten, die nur mittelbar die große Theorie berührten, immerzu noch als neuer Pfadfinder.*) Als er am 19. April 1882 starb, war es, als sei einer der Jüngsten und Frischesten geschieden, von dem man Jahr um Jahr immer das Neueste und Anregendste zu erhalten sich gewöhnt. Und doch raffte der Tod einen dreiundsiebzigjährigen Greis, der nicht wie Humboldt oder Goethe das Glück einer zähen Gesundheit bis ins Alter genossen, sondern der ein stiller Dulder gewesen war, dem es nur durch eine Diät, die an Askese grenzte, möglich geworden, seinen seit vielen Jahrzehnten aufs tiefste erschütterten Körper für die beispiellose Gehirnarbeit zu konservieren.

Groß wie seine Leistung, ist in jedem Zuge auch, wo man sie fassen mag, Darwins Persönlichkeit. Mit der Geistesruhe des echten Weisen stand er über dem rohen Spott der Menge, dem Hohn ohnmächtiger Scheinwissenschaft, die sich wider den Verkünder der „Affentheorie" erhob, — bescheiden in der Schätzung der eigenen That, aber stolz, wo es Verteidigung des Prinzips der Wahrheitsforschung selber galt. „Ich werde zu der Bemerkung veranlaßt", sagt er in einer kleinen Autobiographie, die das schöne,

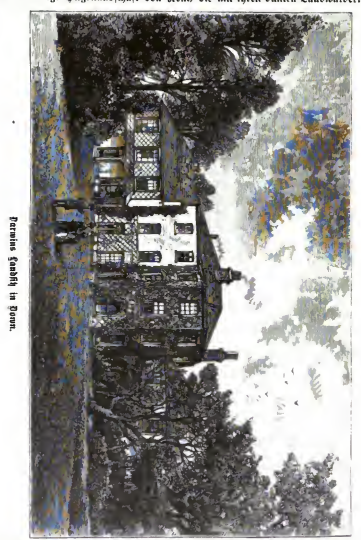
denen sein unermüdlicher Beobachterfleiß im engeren gewidmet war, während jene populären Bücher kämpfend ihren Weg suchten, sind natürlich daneben weit weniger zur Kenntnis der großen Masse gelangt. Kommenden Forschergenerationen aber birgt sich in ihnen eine unerschöpfliche Schatzkammer, die allein genügt hatte als Arbeit eines rastlos thatigen und vom Glück hervorragend begünstigten Menschenlebens. In seinen „Indischen Reisebriefen" (Berlin, Paetel), die über eine 1881 mit reichstem Erfolg unternommene Reise nach Ceylon berichten, erscheint Häckel endlich als der liebenswürdigste und berufenste deutsche Schilderer ferner Zonen, den unsere Generation überhaupt hervorgebracht hat.

*) 1872 erschien die Studie über den „Ausdruck der Gemütsbewegungen bei Menschen und Tieren", die nicht nur der Physiologie und wissenschaftlichen Psychologie, sondern auch der Ästhetik und ausübenden Kunst überaus wertvolle Anregungen bot. Drei Bücher zur Pflanzenkunde: „Insektenfressende Pflanzen" (1875), „Die Kreuz- und Selbstbefruchtung der Pflanzen" (1876) und „Das Bewegungsvermögen

von seinem Sohne Francis liebevoll zusammengestellte Buch „Das Leben von Charles Darwin“ mitteilt, „daß ich beinahe immer von meinen Kritikern anständig behandelt worden bin, wobei ich diejenigen ohne wissenschaftliche Kenntnisse als nicht der Erwähnung wert beiseite lasse. Meine Ansichten sind häufig grob entstellt, mit Bitterkeit angegriffen und lächerlich gemacht worden; dies ist aber, wie ich glaube, meist in gutem Glauben gethan worden. Im ganzen zweifele ich nicht daran, daß meine Arbeiten wiederholt bedeutend über Gebühr gepriesen worden sind. Ich freue mich darüber, daß ich Streitigkeiten vermieden habe, und dies verdanke ich Lyell, welcher mir vor vielen Jahren, mit Rücksicht auf meine geologischen Arbeiten, dringend riet, mich niemals in einen Streit verwickeln zu lassen, da ein solcher selten etwas Gutes bewirkte und einen elenden Verlust an Zeit und Stimmung verursache. So oft ich nur immer gefunden habe, daß ich mich versehen habe, oder daß meine Arbeit unvollkommen sei, und wenn ich verächtlich kritisiert wurde, und selbst wenn ich über Gebühr gelobt wurde, so daß ich mich gedemütigt fühlte, ist es meine größte Beruhigung gewesen, mir selbst hundertmal zu sagen: „Ich habe mich so angestrengt und so gut gearbeitet, wie ich nur konnte, und kein Mensch kann mehr als dies thun.“ Ich erinnere mich, als ich in der Good Succes Bay im Feuerlande war, gedacht zu haben (und ich glaube, ich habe in demselben Sinne nach Hause geschrieben), daß ich mein Leben nicht besser anwenden könne, als ein wenig zur Förderung der Naturwissenschaften beizutragen. Dies habe ich nach besten Kräften gethan, und meine Kritiker mögen sagen, was sie wollen, diese Überzeugung können sie mir nicht zerstören.“ Ein ähnlicher Gedanke kehrt wieder am Schlusse einer kleinen Schilderung von Häckel über seinen ersten Besuch bei Darwin, die um ihres anziehenden Gehaltes willen ganz hier folgen mag. „In Darwins eigenem Wagen, den er mir vorsorglich nach der Eisenbahnstation gesendet hatte“, erzählt Häckel (die

der Pflanzen“ (1880) eröffneten alle drei vollständig neue Gebiete der Botanik und zwar die, man darf wohl sagen, interessantesten, die überhaupt in den letzten zwanzig Jahren aufgethan worden sind. Das letzte Werk Darwins (1881) beschäftigt sich mit der „Bildung der Ackererde durch die Thätigkeit der Würmer“. Wenn man bedenkt, daß jedes dieser Bücher im wahren Sinne ein Originalwerk, ein Ausgangspunkt für einen ganz neuen Wissenszweig war anstatt einer etwa bloß ordnenden Kompilationsarbeit, daß jedes auf Tausenden von eigenen, zum Teil höchst schwierigen Experimenten sich aufbaute, daß die Stoffgebiete endlich hinübergriffen in sämtliche Disziplinen der so weit verzweigten Biologie (schon in früherer Zeit hatte Darwin auch eine musterhafte zoologische Monographie über die Rankenfüßer und ein Werk über Orchideen geliefert) — so kann man dem Worte nur recht geben, das den Begründer der Zuchtwahl-Theorie den größten, vielseitigsten und kompetentesten Biologen seiner Zeit nennt, dem ein Urteil auch in der verwickelten Abstammungsfrage von allen Zeitgenossen in erster Linie zustand, falls überhaupt ein solches abgegeben werden sollte.

Geschichte spielt 1866) „fuhr ich an einem sonnigen Oktobermorgen durch die anmutige Hügellandschaft von Kent, die mit ihren bunten Laubwäldern,



Darwins Landsitz in Down.

dem roten Heidelraut, dem gelben Ginster und den immergrünen Steineichen im schönsten Herbstschmucke prangte. Als der Wagen vor dem freundlichen, mit

Epheu umsponnenen und von Ulmen beschatteten Landhause Darwins hielt, trat mir aus der schattigen, von Schlingpflanzen umrankten Vorhalle der große Forscher selbst entgegen: eine hohe, ehrwürdige Gestalt, mit den breiten Schultern des Atlas, der eine Welt von Gedanken trägt; eine Jupiterstirn, wie bei Goethe, hoch und breit gewölbt, vom Pfluge der Gedankenarbeit tief durchfurcht; die freundlichen sanften Augen von einem mächtigen Dache vorspringender Brauen beschattet; der weiche Mund von einem gewaltigen silberweißen Vollbart umrahmt. Der einnehmende herzliche Ausdruck des ganzen Gesichts, die leise und sanfte Stimme, die langsame und bedächtige Aussprache, der natürliche und naive Ideengang seiner Unterhaltung nahmen in der ersten Stunde unseres Zwiegesprächs mein ganzes Herz gefangen, wie sein großes Hauptwerk früher gleich beim ersten Lesen meinen ganzen Verstand im Sturm erobert hatte. Ich glaubte einen hehren Weltweisen des hellenischen Altertums, einen Sokrates oder Aristoteles lebendig vor mir zu sehen. Unser Gespräch drehte sich natürlich in erster Linie um den Gegenstand, der uns beiden am meisten am Herzen lag, um die Fortschritte und Aussichten der Entwickelungslehre. Diese Aussichten standen damals, vor sechszehn Jahren, schlecht genug; denn die angesehensten Autoritäten hatten sich meistens gegen die neue Lehre erklärt. Mit rührender Bescheidenheit äußerte Darwin, daß seine ganze Arbeit nur ein schwacher Versuch sei, die Entstehung der Tier- und Pflanzenarten auf natürliche Weise zu erklären, und daß er einen namhaften Erfolg dieses Versuches nicht erleben werde; denn der Berg von entgegenstehenden Vorurteilen sei zu hoch. Ich selbst, meinte er, habe sein geringes Verdienst allzu sehr überschätzt, und das hohe Lob, welches ich in der „Generellen Morphologie“ ihm gespendet, sei gar sehr übertrieben. Weiterhin lenkte sich unser Gespräch auf die zahlreichen und heftigen Angriffe gegen sein Werk, die damals noch ganz die Oberhand hatten. Bei vielen dieser armseligen Machwerke wußte man in der That nicht, ob man mehr den Mangel an Verstand und Urteil bejammern sollte, der sich darin entblößte, oder mehr Entrüstung über den Hochmut und die Anmaßung empfinden, mit der jene miserablen Skribenten Darwins Ideen verhöhnten und seinen Charakter besudelten. Ich hatte dem gerechten Zorne über diese verächtliche Sippschaft schon damals, wie auch wiederholt später, entsprechenden Ausdruck verliehen. Darwin lächelte darüber und suchte mich zu beruhigen mit den Worten: „Mein lieber junger Freund, glauben Sie mir, mit solchen armen Leuten muß man Mitleid und Nachsicht haben; den Strom der Wahrheit können sie nur vorübergehend aufhalten, aber niemals dauernd hemmen.“

Darwin hat sich in seinen späteren Jahren übrigens nie ein Hehl daraus gemacht, wie umgestaltend seine Lehre auf die ganze Weltanschauung unserer Tage einwirken müsse. Aber er scheute es, starke und in ihrer Stärke so leicht einseitige Urteile nach dieser Hinsicht auszusprechen. Die wenigen

Bekenntnisse, die von ihm vorliegen, wiegen um so mehr, und eine „Entwickelungsgeschichte der Natur", die dem engeren religiösen und philosophischen Kampf des Tages ihrem Stoffgebiet entsprechend fernsteht, darf doch wohl von ihnen als echten Forscherworten Notiz nehmen. 1879 schreibt Darwin in einem Briefe zur Weltanschauungsfrage: „Was meine eigenen Ansichten sein mögen, das ist eine Frage, welche für niemand von irgend einer Bedeutung ist als für mich selbst. Da Sie aber fragen, so darf ich wohl sagen, daß mein Urteil häufig schwankt. In den äußersten Zuständen des Schwankens bin ich niemals ein Atheist in dem Sinne gewesen, daß ich die Existenz eines Gottes geleugnet hätte. Ich glaube im allgemeinen, daß Agnostiker (Nichtwissender) die korrekteste Bezeichnung für meinen Seelenzustand sein würde." Einem jungen Studenten, der ihm klagte, er sei durch die Lektüre seiner Werke in schwere Zweifel über den Wert der Offenbarung und die Unsterblichkeit der Seele verstrickt, antwortete er ebenso schlicht: „Lieber Herr! Ich bin sehr beschäftigt, ein alter Mann und von schlechter Gesundheit, und ich kann nicht Zeit gewinnen, Ihre Frage vollständig zu beantworten, vorausgesetzt, daß sie beantwortet werden kann. Wissenschaft hat mit Christus nichts zu thun, ausgenommen insofern, als die Gewöhnung an wissenschaftliche Forschung einen Mann vorsichtig macht, Beweise anzuerkennen. Was mich selbst betrifft, so glaube ich nicht, daß jemals irgend eine Offenbarung stattgefunden hat. In betreff aber eines zukünftigen Lebens muß jedermann für sich selbst die Entscheidung treffen zwischen widersprechenden unbestimmten Wahrscheinlichkeiten." Sehr kurz vor Darwins Tod richtete der Herzog von Argyll persönlich noch einmal die Frage an ihn, ob nicht bei so wundersamen Naturerscheinungen, wie der gerade von ihm beschriebenen Befruchtung der Orchideen, ein verborgener Intellekt zum Ausdruck komme. „Ich werde," erzählt der Herzog, „Mr. Darwins Antwort nie vergessen. Er sah mich scharf an und sagte: „Das kommt wohl oft mit überwältigender Kraft über mich, aber zu anderen Zeiten —" und hier schüttelte er leise mit dem Kopfe, hinzusetzend: „scheint es vorüberzugehen."" Diese paar einfachen Sätze, hinter denen ein Leben steht, sind vielleicht mehr wert, als stolze Bibliotheken voll tiefsinniger philosophischer Studien über den „Zweck" in der Natur! Denn stets gab Darwin, wenn er sich überhaupt zu einer Sache äußerte, sein Ganzes. Im harmlosen Privatgespräch mit einem seiner Söhne und einem jüngeren Verehrer, Romanes, kommt einmal die Rede auf das Gefühl der „Erhabenheit" und seine stärkste Erregung. Darwin sagt gelegentlich, ihm sei der nachhaltigste Eindruck dieser Art vor der Aussicht von einem Cordillerengipfel zu teil geworden. Damit schließt die Debatte, und der greise Forscher zieht sich, da seine Ruhestunde gekommen, von der Gesellschaft zurück. Die jungen Leute bleiben noch ein paar Stunden im Rauchzimmer beisammen. Plötzlich — gegen 1 Uhr — er-

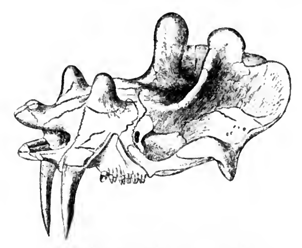
scheint der alte Darwin in Pantoffeln und Schlafrock noch einmal. Es lasse ihm keine Ruhe: er müsse, um Irrtümern vorzubeugen, seine Angabe von vorhin berichtigen, denn er erinnere sich jetzt ganz genau, daß er das Gefühl des Erhabenen noch stärker empfunden habe in den Wäldern Brasiliens. So heilig war diesem Manne auch jedes winzigste Stäubchen besserer Wahrheit . . .

In der Westminster-Abtei, unfern dem Grabe Isaak Newtons, wurde der Sarg Charles Darwins unter feierlichem Schaugepränge beigesetzt. Die Zipfel des Leichentuches trugen vier weltbekannte Naturforscher: Huxley, Hooker, Lubbock und Wallace, außerdem der Theologe Farrar, der Herzog von Argyll, der Herzog von Devonshire und der amerikanische Gesandte Lowell. Im Trauergefolge schritten Vertreter aller wissenschaftlichen Gesellschaften Großbritanniens, die Spitzen der Regierung und der Stadt London, die Botschafter Deutschlands, Frankreichs und Italiens.

Das ist ein Bild, mit dem der Umriß einer Entwickelungsgeschichte der menschlichen Kenntnis von der Natur wohl schließen darf. Fragmentarisch, wie der Ausschnitt, den ich hier nur geben konnte, bleiben muß, ist es nicht seine Aufgabe, das Bild in allen seinen Farbschattierungen auszumalen, wie die strenge Methode alle Zweige der Naturforschung mehr und mehr in den letzten fünfzig Jahren durchdrang und von Sieg zu Sieg geleitete. In wesentlichen Punkten muß hier, wo die geschichtliche Erzählung sich abgrenzt, der Verfolg des Werkes selbst den Faden vor den einzelnen Thatsachen und Theorien aufnehmen und weiterspinnen, — das Wissen der Zeit selbst ist ja schließlich nur der prägnanteste Ausdruck der neueren, gesteigerten Arbeitsjahrzehnte, und geschichtliche Fakten, Namen, Zahlen und Entdeckungsepisoden werden immer und immer wieder sich darein verflochten zeigen.

Jenes schöne abschließende Bild wird uns übrigens nicht blind machen für den schweren Kampf, den eine freie und freudige Hingabe an die große, letzten Endes am meisten doch beglückende Wahrheitsforschung in unseren Tagen immerzu noch kämpft. Aber es mag uns ein Symbol sein, das den Sieg kommender Zeiten mit machtvoller Rede verkündet, — ein Symbol der durchschlagenden Kraft, die in dem Wörtchen „Wahrheit" lebt. Ein inniges und inbrünstiges: „Ich lasse dich nicht, du segnest mich denn!" geht durch die ganze Kette der Gestalten, die vor uns aufgetaucht sind. Und schließlich ist es trotz aller Irrtümer, trotz aller Bande und Scheiterhaufen wirklich ein großer Segen gewesen, den die Wahrheit verliehen hat. Auf diesem Segen steht das Hohe, das Unvergängliche unserer Kultur, — das, was alle sozialen Wandlungen der Zukunft wahrscheinlich allein überdauern wird: der nie zerrissene Faden an der Spule des langsamen Menschheits-Emporgangs, der das wirklich

wärmende Gewand unseres Geistes webt, das mit keiner leiblichen Kleidermode zu wechseln braucht. Als eine große sittliche That erscheint in diesem Lichte das jahrtausendalte Ringen um die Natur — und wie ein Abglanz all der verbrauchten Menschengröße, all der angewendeten sittlichen Energie fällt es uns jetzt auf die Thatsachen der Natur selbst: durch den Weltenraum, dessen Sterne wir in ihrem Werden fassen sollen, bis zur belebten Erde herab, durch diesen Raum, von dem es heißt, daß er im Auge des Naturforschers kalt und entgöttert sei, breitet sich erhellend und erwärmend das Schönste aus, was der Bewohner dieser kleinen, im Gewirr der Welten versprengten Erde überhaupt erfassen kann: — menschliche Größe, menschlicher Mut und menschliche Entsagung auch, — — jene edle Entsagung der Wissenschaft, die zugleich eine Hoffnung auf kommende, beglücktere Generationen ist.



Schädel (ohne Unterkiefer) des Dinoceras mirabile,
eines elefanten-ähnlichen ausgestorbenen Tieres der Tertiärzeit (aus den eocänen Ablagerungen von Wyoming in Nordamerika). Die Familie der Dinocerata (Schreckhörner) ist darwinistisch von besonderer Wichtigkeit als sogenannte Mischform mit den Merkmalen verschiedener Säugetierordnungen.



Zweites Buch.

Entwickelungsgeschichte der außerirdischen Welt.

Vom Nebelfleck bis zum Planeten.

„Die Schöpfung, welche der Astronom betrachtet, ist nicht ein einfacher Haufen glühender Materie, sondern ein wunderbarer Organismus, in welchem das Leben da beginnt, wo das Glühen der Materie aufhört."

Angelo Secchi.

Das Weltall
als ein Nebeneinander verschiedener Entwickelungsstufen.

„Wie wir in unsern Wäldern dieselbe Baumart gleichzeitig in allen Stufen des Wachstums sehen und aus diesem Anblick, aus dieser Koexistenz den Eindruck fortschreitender Lebensentwickelung schöpfen, so erkennen wir auch in dem großen Weltengarten die verschiedensten Stadien allmählicher Sternbildung.“

Humboldt (Kosmos I, 87).

„Und siegreich traten hervor am Himmel die ewigen Sterne. . . . .“

Diese Worte Heine's aus der tiefsten seiner Nordsee-Hymnen enthalten in gewissem Sinne ein großes Facit der menschlichen Kulturgeschichte. Immer wieder sind die Sterne am Himmel hervorgetreten, bis sie endlich den Sieg errungen hatten: den Sieg der Wirklichkeit über den Traum. Jahrtausende lang ist die Menschheit wie ein Fieberkranker auf heißem Lager bangen, beängstigenden Phantasien verfallen. Und immer wieder, wenn sie wie dieser die gequälte Stirn dem kühlen Hauche der Nachtluft darbot, traten die Sterne vor sie hin mit der alten, großen Mahnung, sich dem Seienden, der Natur, zuzuwenden und hier die Lösung aller Rätsel zu erringen, — bis endlich ihr feierlicher Ruf von oben ein Ohr fand, er, der so viel beharrlicher tönte, als alle Prophetenstimmen der Welt. „Ewig“ durfte die Sprache des Dichters sie wohl nennen.

Und doch wohnt in dem Gewebe dieses leuchtenden Zauberschleiers am Nachthimmel, was Form und Stellung anbetrifft, keinerlei „Ewigkeit“. Schon wir in der kurzen Spanne unserer paar Kulturjahrtausende dürfen das behaupten. Reichte der Zusammenhang menschlicher Geistesthätigkeit und Überlieferung aber um ein Beträchtliches weiter zurück, so würde beim Durchblättern alter Karten, alter Dokumente all das Feste, Eherne und Unerschütterliche dort oben in einen märchenhaften Fluß geraten und schließlich vor uns hinziehen wie eine riesige Wandeldekoration. Die Sternbilder würden zerbrechen und sich anders wieder bauen, der Strahlenkranz der großen Sternenkönige würde bald erlöschen, bald noch

lebhafter aufglühn, die Farben all der leuchtend bunten Himmelsblumen würden sich verwandeln wie das Laubwerk eines irdischen Eichenwaldes, — kurz, ein wirres Kommen und Gehen, Spinnen und Zertrennen, Nahen und Fliehen würde beängstigend den Sternenfrieden stören, an den unsere Gewohnheit sich so fest gekettet hat.

Zu einem größeren Teil führt sich allerdings dieses seltsame Durcheinanderwimmeln der Himmelsgebilde nur zurück auf periodische Bewegungen, auf bestimmte, dem Gesetz der Schwere unterworfene Bahnen und Umläufe. Seit Kopernikus ist es uns nichts Ungewohntes mehr, daß unsere Erde mit uns in rasend schnellem Umschwung sich um sich selber und wiederum in einer kolossalen Bahn um die ferne Sonne dreht. Aber auch diese Sonne steht nicht still, und schon ihre Fortbewegung muß das Antlitz des Fixsternhimmels mannigfach verschieben. Endlich bewegen sich die Fixsterne selbst. Die großen Sternhaufen, die Nebelmassen des äußersten Lichthorizontes schwimmen — langsam für uns, in Wahrheit wohl mit entsprechend ungeheuren Geschwindigkeitsmaßen — an den Grenzen unseres Fixsternsystems dahin.

Aber neben den Wandlungen infolge irgend welcher gesetzmäßiger Bewegungen stehen doch auch zahlreiche Anzeichen wirklicher, physischer Veränderungen.

Neue Sterne flammen ganz jäh auf, wie der Stern Tycho's von 1572 in der Kassiopeja, und die eingehende Untersuchung ihres Lichtes mit den Mitteln der Spektralanalyse deutet (bei dem „neuen" Stern vom Mai 1866 blieb kein Zweifel mehr) auf eine wirkliche Katastrophe, vielleicht den Zusammenstoß zweier Weltkörper, der eine unerhörte Glut erzeugt, vielleicht auch eine umfassende Explosion aus dem Innern einer schon dem oberflächlichen Erkalten nahen Sonne des fernen Raumes. Vor den Augen staunender Astronomen zerbrach der Biela'sche Komet am 29. Dezember 1845 in zwei Stücke und verlor sich, obwohl man das Jahr seiner Wiederkehr genau berechnet hatte, in der Folge überhaupt. Inmitten des Glutenmeers der Sonne zeigen sich regellos geformte Flecken, deren Ursprung allerdings noch gänzlich unbekannt ist und die nur eine unsichere Hypothese bis jetzt als erste Spuren einer dunklen Rindenbildung infolge allmählicher Abkühlung deuten darf. Aus der dichten Hülle, die den Planeten Jupiter wie die weiße Dampfwolke eines brodelnden Kessels zu umgeben scheint, glüht auf der südlichen Halbkugel seit August 1878 ein geheimnisvoller roter Fleck gleich dem Wiederschein irgend eines gewaltsamen feurigen Ereignisses der eigentlichen Oberfläche. Auf dem Monde hat sich der Krater Linné, in dessen über 10000 m breite, tiefe Höhlung Lohrmann und Mädler zwischen 1822 und 1832 deutlich hinabschauten, 1866 vollkommen geschlossen und selbst aufgehört, nach außen Schatten zu werfen; 1867 erschien er von neuem als Krater, doch bloß von 600 m Durchmesser,

und so ist er vorläufig geblieben; es ist nicht das einzige Zeichen entschiedener Verwandlungen, das uns in neuerer Zeit von unserer Nachbarwelt, die man so gern schon für völlig zum Todesschlaf verdammt gehalten hätte, zu teil geworden ist. Auf der schönen rötlichen Kugel des Planeten Mars endlich zeigen sich, wie es scheint, in Zusammenhang mit dem Wechsel von Sommer und Winter, die großen weißen Flecke — Eismassen — der Pole bald vergrößert, bald verengt, treibende Wolkenzüge und dichte Nebel verhüllen hier und da das rotgelbe, von gradlinigen Kanälen seltsam durchfurchte Land, wie die dunkleren Meere — und nichts darf uns hindern, diesen in allem der Erde so ähnlichen physischen Verhältnissen gleiche Wirkungen wie auf unserer Erde selbst zuzuschreiben: Frost und Hitze, atmosphärische Niederschläge und die langsame Wühlthätigkeit des Flußwassers und der Meeresbrandung müssen im Laufe der Zeiten auf der Rinde des Mars ebenso tiefgreifende Umwandlungen hervorgebracht haben, wie sie es bei uns — im Sinne der Lyell'schen Auffassung — in den geologischen Epochen vermocht. Will man noch das Gebiet der Vermutung für unsern Zweck ausnutzen, so mag auch der Meteoriten gedacht sein, jener formlosen Mineralmassen (zum Teil von starkem Metallgehalt) die uns gelegentlich als Gäste aus dem Weltall zufliegen und immerhin der Hypothese Raum geben, daß es sich um versprengte Trümmerstücke aus alten kosmischen Katastrophen handeln könne.

Wertvolles Material ist das gewiß, — Weltenbilder als Illustration zu Heraclits früher Griechenweisheit, daß alle Dinge Himmels und der Erden in ewigem Fluß begriffen seien. Aber schwache Marksteine gäben diese paar Thatsachen doch für die kühnere Spekulation nach dem Werdegang, der großen Entwickelungsgeschichte dieses Sternenmeeres, in dem die Sonne mit ihren Planeten nur wie ein winziger Wellenkreis zittert.

Die Erdgeschichte selbst, unser grundlegendes Beispiel, lehrt, wie langsam die Wandlungen in der Natur vor sich gehen Viele Millionen mal mußte die Erde wahrscheinlich um ihre lichtspendende Sonne schwingen, bis, von der Energie dieser Sonnenstrahlen genährt, sich der Wurm zum Wirbeltier, die Flosse des Fischs zum Fuß des Molchs und der Eidechse, die Schuppe des Reptils zur Feder des Vogels und zum Haarkleid des Säugetiers, das kleine Gehirn des Ursäugers, des Schnabeltiers und der Beutelratte zu dem imposanten Gangliendom des menschlichen Denkorgans ausformen konnte. Woher aber Anhaltspunkte nehmen für die Entwickelungsphasen eines Weltkörpers da draußen im Lichtgewimmel, dessen Bahn so riesig ist, daß er vielleicht in jener ganzen Zeit sich ein Dutzend mal überhaupt nur um seine Centralsonne, sein Gravitationscentrum gedreht hat? Seit wir den Planeten Neptun kennen (1846) hat er (bei einer Umlaufszeit von 164 2/3 Jahren) noch nicht einmal ein Drittel seiner Bahn vor den Augen beobachtender Menschen zurückgelegt. Sein letzter 1846

beschlossener Umlauf begann ungefähr, als das Heer der Türken Wien belagerte! Seit den Anfängen menschlicher Geschichtstradition ist der einsame sonnenferne Planet, selbst bei weitestem Spielraum für ein Grenzdatum, noch nicht fünfzigmal zum selben Orte seiner Bahn zurückgekehrt. Dennoch ist seine Umlaufszeit winzig gegen die Ziffern, die eine, wenn auch vorläufige, Rechnung für gewisse Kometenbahnen festgestellt hat. Der Donati'sche Komet braucht zu einer einzigen Wiederkehr nahezu gerade die Zeit, die seit Christi Geburt verflossen ist. Der Komet von 1769 führt in Bessels Berechnung auf den Tod Alexanders des Großen etwa zurück, bei einer Umlaufszeit von ungefähr 2090 Jahren. Für eine Anzahl anderer Kometen wachsen dann die Zahlen noch auf 4000, auf 8814 und schließlich gar auf 100 000 Jahre, — Ziffern, deren Genauigkeit bei den vielfachen Störungen und Wandlungen, denen die Kometen unterworfen sind, einen problematischen praktischen Wert haben mögen, die aber doch eine gute Perspektive der an sich mit nichts zu bestreitenden Möglichkeiten eröffnen. Und doch handelt es sich bei allen diesen Riesenellipsen noch um Unterworfene, um ewig angekettete und mitgeschleifte Sklaven eines höheren unvergleichlich gewaltigeren Bewegungscentrums: der Sonne. In welchen Äonen schlingt sich ihre Bahn selbst wieder nur ein einziges Mal zum Kreis? Daß sie bewegt ist, wissen wir heute sicher. Der Zielpunkt der Bewegung, der Ort am Himmel, auf den die Sonne gegenwärtig geradlinig loseilt, liegt im Sternbild des Herkules. Von da bis zur Kenntnis eines Gravitationscentrums höheren Grades und den Ziffern einer eventuellen Umlaufsbahn ist allerdings noch ein weiter Schritt. Mädler hat gelegentlich die nötige Hypothese zurecht gezimmert, ohne aber über große Widersprüche hinaus zu kommen. Nach ihm ist das Centrum bei dem Stern Alcyone in dem zierlichen Himmelskleinod der zum Dreieck gegliederten Plejadengruppe. Und als Umlaufszeit für die Sonne finden sich über zwanzig Millionen Jahre, — Millionen für einen einzigen, unserm Erdjahre entsprechenden Umlauf! Es ist für den Gang dieser Betrachtung nicht von Belang, daß Mädlers Idee den Beifall schärfer rechnender und vorsichtigerer Astronomen nicht errungen hat. Nicht das Verblüffende der Zahlenhöhen hat den Anstoß dabei gegeben, — höchstens die Sicherheit der Zahl. Daß eine hypothetische Umlaufszeit der Sonne, mag sie nun ihr Centrum haben, wo sie will, und mögen ihre Bahn-Elemente sein, wie sie wollen, relativ auf ähnliche Höhen hinauskommen würde, dafür besteht eine wohl unantastbare Wahrscheinlichkeit.

Es würde also trüb stehen um ein menschliches Ringen nach Anhaltspunkten kosmischer Entwickelungsgeschichte, wenn nicht glückliche Umstände zu Hilfe kämen.

Der Entscheidende ist das Ungleichartige der Entwickelungsphasen, in denen das Weltall uns entgegentritt.

Unsere Erfahrung spricht unbedingt dafür, daß die uns irgendwie zugänglichen Teile des Alls eine gewisse stoffliche Gleichartigkeit zeigen. Es kann schwerlich als Zufall genommen werden, daß die Bruchstücke außerirdischen Seins, die unserer direkten chemischen Analyse zugänglich werden — die Meteoriten — lediglich auch auf der Erde bekannte Grundstoffe (Elemente) zeigen. Die Verbindung dieser Elemente kann gelegentlich eine fremdartige sein (Eisen, Nickel, Phosphor in gewissen auf der Erde unbekannten Legierungen) — die Faktoren sind durchaus vertraute. Mag man sich den Kopf zerbrechen, wie starke Mengen Wasserstoff und Kohlenoxyd in Eisenmassen hineingeraten oder Graphit sich als Bestandteil kosmischer Massen zeigen kann: die Entdeckung eines neuen „Meteor-Elements" ist bisheran nicht vorgekommen. Die Spektralanalyse, die das Licht der fernen Weltkörper ebenfalls mit gutem Erfolg auf die Natur ihrer lichterzeugenden Stoffe hin prüft, ist, soweit es sich um irgend welche unsern chemischen Laboratorien analoge Hitze- und Druckgrade handelt, zu sehr ähnlichen Resultaten gelangt, wobei offen bleiben muß, inwiefern ganz über menschliche Kenntnis hinausgeführte Zustände eine Auflösung und Verwandlung unserer bekannten Elemente herbeizuführen vermag.

Zugestanden aber, daß die stoffliche Zusammensetzung überall eine ähnliche oder gleiche ist, so kann in keiner Weise geleugnet werden, daß die Temperaturverhältnisse, in denen sich die einzelnen Weltkörper befinden, ganz unbedingt verschiedene sind, — und zwar im allgemeinen Hand in Hand mit den Massenverhältnissen. Das ist evident zunächst im engern Bereich unseres Planetensystems.

Die Sonne übertrifft die Erde rund um das 1300000fache ihres Rauminhalts (Durchmesser der Erde = 1716 geogr. Meilen, der Sonne = 190000). Die Erde ist wenigstens an der erkennbaren und durch Bohrlöcher durchforschten Außenrinde erstarrt, ohne merkbare Eigenwärme, von der Sonne (unter schützender Vermittelung der Erd-Atmosphäre) allein noch erwärmt und zum Schauplatz organischen Lebens gemacht. Über ihr Inneres schwanken die Meinungen, doch neigt ein immerhin nicht unbeträchtlicher Teil kompetenter Forscher der Ansicht zu, daß man bei tieferem Eindringen auf noch glühend flüssige, ja im Innersten selbst gasförmige Massen treffen müsse oder daß sich wenigstens irgend eine, wenn auch vorläufig hypothetisch nicht recht faßbare Ursache jener Wärmesteigerung nach innen zeigen müsse, die bereits in unsern Bergwerken meßbar deutlich sich anmeldet. Die Sonne dagegen ist ein feuriger Riesenball, selbst an der zum kalten Weltraum gewendeten Außenseite mit einem stürmisch wogenden Mantel glühender Metalldämpfe umgeben, im Innern aber aller Wahrscheinlichkeit nach noch sehr viel heißer und in einem schwer vorstellbaren Stadium ungeheuerlichster Glut. Der oberflächliche Schluß liegt wenigstens nahe, daß man zwei durch die Verschiedenheit der Größe bedingte

Phasen in beiden erkenne: wobei die Sonne heute noch darstellt, was die Erde voreinst einmal gewesen sein könnte. Die so viel kleinere Erde hat sich rascher abgekühlt, ist an der Außenseite hart geworden und birgt (vielleicht!) nur im Innern heute noch Reste der alten Glut. Die große Sonne aber ist — bei gleich niedriger Temperatur des Weltraums — in der gleichen Zeit noch nicht zu irgend welcher Rindenbildung gekommen.

Der Gedanke ist, wenn man ihn in dieser allgemeinen Form als erstes heuristisches (dem Weiterprüfen provisorisch zu Grunde gelegtes) Prinzip in die Debatte einführt, in der That ein äußerst glücklicher. Unser Erdenmond, fast viermal kleiner als die Erde (468 Meilen Durchmesser zu 1716), muß wieder noch viel intensiver erkaltet sein als diese verhältnismäßig so viel größere Erdkugel. Und es läßt sich nicht leugnen, daß er mit seinen wahrscheinlich verschwindend dünnen Atmosphäreresten, seinen kaum noch als zarter Nebeldunst bisweilen der Tiefe entsteigenden (?) Wasserreliquien und seiner trotz so zahlreicher die Kraterform nachbildender Oberflächenformationen anscheinend auf ein Minimum reduzierten, vielleicht (die Veränderungen müßten dann anders erklärt werden!) ganz erloschenen Vulkanthätigkeit einen gewissen Anhalt zu solcher Deutung zu geben scheint. Bei Mars, wo die Größenunterschiede zur Erde nicht so von Belang sind, also nahezu gleiches Entwickelungsstadium von der Erkaltungstheorie gefordert würde, ist die Ähnlichkeit mit irdischen Zuständen wirklich eine geradezu durchschlagende. Die atmosphärischen Verhältnisse, die sich am klarsten darstellen, sind vollkommen analog, und selbst den kühnsten Vermutungen über Vegetation, deren Wechsel gewisse Farbenveränderungen bedingen, und über Spuren eingreifender Intelligenz, die das immerhin sehr auffällige System gradliniger, die Kontinente in Inseln zerspaltender Kanäle geschaffen haben könnte, läßt sich mit „Wahrscheinlichkeitsgründen" — auf die ja hier schließlich alles hinausläuft — nichts in den Weg legen. Umgekehrt sind die großen, fernen Planeten wie Jupiter und Saturn sogleich wieder sehr viel unähnlicher und könnten Entwickelungsphasen darstellen, die noch einigermaßen **zwischen** Sonne und Erde stehen. Greift man über das Planetensystem hinaus, so zeigen sich an einer Reihe von Fixsternen sehr deutlich Erwärmungsphasen **jenseits** des gegenwärtigen Sonnenzustandes. Sirius ist beispielsweise eine solche Riesensonne auf wahrscheinlich früherer, ein weit intensiveres bläuliches oder weißes Licht als unsere mehr gelbe Sonne ausstrahlender Stufe, deren Spektrum auch von dem der Sonne abweicht, — und etwa die Hälfte aller Fixsterne gehört hierher. In einem Teil der Nebelflecken endlich bietet sich uns das seltsame Schauspiel schwebender Wolken von glühenden Gasen, zum Teil von ganz loser Struktur, zum Teil auch schon zu Gasbällen individualisiert, stets aber mit den charakteristischen bunten Linien der echten Gase (Wasserstoff, Stickstoff und ein noch nicht festgestelltes drittes Element) im Spektrum. Hier hätten wir eine Art Urzustand, von dem aus sich die

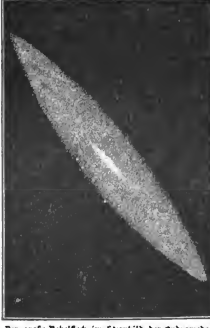
Weltentwickelung durch alle drei Aggregatzustände des Stoffs — gasförmig (Nebel), flüssig (d. i. glühendflüssig, Sonne) und fest (Erde, Mond) verfolgen ließe. Zu einer Weiterführung der Linie abwärts, über den anscheinend ganz kalten, dem Zerfall nahen Mond noch hinaus, fehlt es schließlich auch nicht an mehr oder minder kühnen Hypothesen, die das regellose Reich der Kometen und der Meteoritenschwärme als letzte Produkte eines durch die zerspaltende Weltraumkälte neuerdings verursachten Auflösungsprozesses der fest gewordenen Sonnen, Planeten und Monde aufgefaßt sehen wollen; dem freien Spiel der Phantasie ist hier bereits ein großer Raum gelassen, ohne daß deshalb der Wert selbst solcher kühnsten Erweiterung, wofern sie nur nicht dogmatisch auftritt, geleugnet werden kann.

Auf alle Fälle hat diese Betrachtungsmethode den großen Vorteil, daß sie zwingt, die Thatsachen der physischen Himmelsbeschreibung selbst der Reihe nach — wenn auch in einer angenommenen, vom höchsten Erhitzungsgrad stets zum nächst tieferen vorschreitenden Reihenfolge — durchzugehen. Es ist eine sehr glückliche Errungenschaft der Gegenwart, daß man an dieser Thatsachenreihe an sich schon ein in den Grundzügen wirklich ziemlich anschauliches Bild der fortlaufenden Entwickelungsgeschichte darlegen kann, ohne daß man genötigt ist, von Beginn an den Schwerpunkt auf irgend eine Hypothese von komplizierterer Art zu legen. Eine solche Hypothese ist in erster Linie die allbekannte Kant-Laplace'sche Theorie der Planetenbildung durch abgeschleuderte Ringe des Centralkörpers (Sonne). So interessant sie ist, so trägt sie doch in hervorragender Weise gerade alle Gefahren einer vagen Hypothese an sich, die, allein, eine ziemlich bedenkliche Grundlage abgeben müßte. Passenden Ortes läßt sie sich dagegen sehr gut behandeln, ohne daß das Ganze Schaden leidet.

Unsere Untersuchung setzt einfach, ohne irgend welche tieferen Voraussetzungen, da ein, wo wir im vorhandenen Kosmos frei schwebende Weltmaterie im Zustande höchster Auflösung — im Aggregatzustande des Gases — gewahren. Das betreffende Wirklichkeitsobjekt sind die sogenannten Nebelflecke. Sie erscheinen uns als die Abbilder der ältesten uns vorläufig zugänglichen Entwickelungsphase des gesamten, in seinen Verdichtungsverhältnissen abwärts steigenden Kosmos. Von einem Bilde des wirklichen „Anfangs" im mystischen Sinne kann dabei natürlich keine Rede sein, — von ihm weiß die Naturforschung nichts, und der Boden, um über ihn zu debattieren, ist weder die Sternwarte mit ihren Wirklichkeitsbildern, noch auch die zur Deutung dieser Wirklichkeit herangezogene wissenschaftliche Hypothese.

Die Nebelflecke.

Wenn das Auge des großen *Kepler* sinnend auf dem wunderbaren, weißlichen Lichtbogen ruhte, der als „Milchstraße" unser Firmament durchspannt, so suchte sein kombinationsfroher Geist wohl einzutauchen in die Geheimnisse des Werdens all dieser Himmelsgebilde selbst: das plötzliche Aufglänzen neuer, vorher nie gesehener Sterne am Rande der Milchstraße gab ihm den Gedanken, als sei uns in diesem flockigen Nebelring ein Rest der *Urmaterie*, des formlosen Stoffs, aus dem die Sterne sich erst zusammenballten, erhalten, und hin und wieder löse sich vor unsern Augen ein Verdichtungscentrum solcher Art als „neuer Stern" von seiner Grundmasse ab.



Der große Nebelfleck im Sternbild der Andromeda,
gesehen etwa mit einem Refraktor von zwölf Zoll Öffnung. (Vergl. das Bild auf S. 248: der zwölfzöllige Refraktor der Volkssternwarte „Urania" zu Berlin.)

Die ersten Siege mit dem Fernrohr schienen dieser weitschweifenden Ahnung nicht günstig zu sein. Sie zeigten die Milchstraße als ein Gewirre von Einzelsternen, deren zahllos gedrängte Lichtpunkte dem freien Auge nur scheinbar zu einer einzigen milden Nebelhelle zusammenfließen mußten.

Grade damals aber, in der Nacht des 15. Dezember 1612, geriet ein bescheidener Beobachter am Hofe des Markgrafen von Kulmbach, *Simon Marius* (oder Mayer, wie er ursprünglich weniger römisch hieß) aus Gunzenhausen in Franken auf ein *fremdartiges Himmelsobjekt außerhalb der Milchstraße*, das dem Äußern nach offenbar weit mehr Anrecht auf jenen gewünschten Rest „formloser Urmaterie" haben durfte. Einen Fixstern, erzählt Marius, habe er aufgefunden, dergleichen ihm noch nie einer vorgekommen. Dem unbewaffneten Auge ähnele er schon

einem Wölkchen. Im Fernrohr aber schwinde diesmal erst recht jede Stern-Ähnlichkeit. Man erkenne nur einen weißlichen Schein, heller im Centrum, schwächer gegen die Ränder hin. Der Glanz des Ganzen aber erscheine so, wie wenn von weitem ein Licht auftauche, das durch die halbdurchsichtigen Hornwände einer Laterne schimmert.



Der große Nebelfleck im Sternbild der Andromeda,
gezeichnet von Trouvelot vor dem Riesenrefraktor zu Cambridge in Nordamerika, dessen Öffnung fünfzehn Zoll mißt. Entsprechend dem gewaltigeren Instrument ist das Bild im Vergleich zu dem auf S. 242 mitgeteilten völlig verändert. Man beachte besonders die beiden dunkeln Streifen im Innern, deren Enträtselung das folgende Bild (S. 244) giebt.

Was der eifrige Hof-Mathematikus gesehen hatte, war in der That nichts Geringeres als der große, seitdem zu immer herrlicheren Wundern enträtselte Nebelfleck des Sternbildes der Andromeda.

In klaren, vom Mondlicht nicht überstrahlten Sternennächten ist er, wie schon Marius erwähnt, aber niemand vorher beachtet hatte, dem un-

bewaffneten Auge sichtbar. Von dem allbekannten W der Kassiopeja aus leicht zu finden, funkeln dicht neben der Milchstraße die drei Prachtsterne der Andromeda, deren letzter mit dem Pegasus ein Viereck bildet. Fast im



Der große Nebelfleck im Sternbild der Andromeda.

endlich in seiner wahren Gestalt enträtselt durch eine direkte Photographie, die von Roberts bei vierstündiger Expositionsdauer der Platte vor einem sehr lichtstarken Spiegelteleskop gewonnen wurde. Man erkennt jetzt deutlich, daß das Ganze ein System konzentrischer Ringe und planetenartiger Gebilde darstellt, die (wie bei dem Planeten Saturn) um eine Hauptmasse kreisen. Der Beobachter auf der Erde sieht schräg dagegen, daher die stark elliptische Verschiebung des Bildes

Centrum des elliptischen Ringes, den Kassiopeja, Andromeda und die beiden der Milchstraße zugewandten Sterne des Vierecks bilden, schwimmt das winzige Wölkchen des Nebelflecks.

Hätte die Kulturblüte der Menschheit sich auf der südlichen Halbkugel, etwa bei den Peruanern der sternklaren Hochlande Südamerikas, bis zu den

Erfolgen nur der alexandrinischen Astronomie entwickeln dürfen, so würde auch ohne Fernrohr das Bild riesiger Nebelflecke von ganz andern Dimensionen sich als eines der ersten dem astronomischen Denken eingefügt haben. Denn zwei weiße Wolken, von denen das Licht der größeren selbst dem hellen Mondschein noch standhält, kreisen dort wie losgerissene Milchstraßenfetzen um den Himmelspol, die sogenannten „Magelhanischen



Der Nebelfleck im Sternbild des Orion.

Die zu Grunde liegende Zeichnung ist das Resultat jahrelanger Arbeit des Astronomen G. P. Bond und des Zeichners J. W. Watts in Cambridge, 1867 veröffentlicht. Man erkennt eine Menge spiralig gekrümmter Arme, die an den auf S. 22 abgebildeten Spiralnebel im Sternbild der Jagdhunde erinnern.

Wolken“. Reisende Araber haben sie im zehnten Jahrhundert erblickt, aber die vage Kunde davon verschmolz nicht mit der zum Nordhimmel gewandten europäischen Astronomie. So bedeutete der Fund des Marius für diese eine entscheidende Wende. Um 1618 findet sich bei Johann Baptist Cysat von Ingolstadt die erste Erwähnung eines neuen nördlichen Nebelflecks. Diesmal galt es dem prachtvollsten von allen. Wie ein Wunder erscheint schon das Sternbild selbst, durch das er schimmert: der Orion mit seinen drei flammenden Gürtelsternen, den großen Nachtsonnen

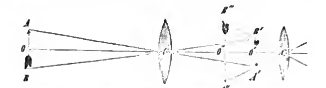
Beteigeuze und Bellatrix an den Schultern und Rigel am Bein. Unter dem Gürtel aber, im Schwert, tauchte dem Beobachter ein geheimnisvolles weißes Lichtfederchen auf. Galilei hatte seltsamerweise vorher hier mit dem Fernrohr eifrig herumgesucht, aber nichts gesehen — vielleicht, wie es so oft in der Geschichte der Wissenschaft wiederkehrt, weil er im Gegensatz zu Kepler theoretisch nicht an kosmische Nebelmaterie glaubte. 1656, wenig über ein Jahrzehnt nach Galilei's Tod, geriet Huygens, von Cysat unabhängig, wieder auf das fragliche Objekt. Fast mit des alten Marius Worten berichtet er, daß auch ihm sich unter den Fixsternen etwas nie Gesehenes, Einzigartiges im Glase offenbart habe. „Als ich", erzählt er, „durch einen Refraktor von 23 Fuß Focallänge die veränderlichen Streifen des Jupiter, einen dunklen Centralgürtel im Mars und einige schwache Phasen des Planeten beobachtete, ist mir in den Fixsternen eine Erscheinung vorgekommen, welche meines Wissens bisher noch von niemand beobachtet worden ist und nur durch solche große Fernröhre genau erkannt werden kann, als ich anwende. Im Schwert des Orions werden von den Astronomen drei Sterne aufgezählt, die sehr nahe aneinander liegen. Als ich nun zufällig im Jahre 1656 den mittleren dieser Sterne durch mein Fernrohr betrachtete, zeigten sich mir statt eines einzelnen Sternes zwölf, was (bei Fernröhren) allerdings nichts Seltenes ist. Von diesen waren wieder drei fast einander berührend, und andere vier leuchteten wie durch einen Nebel: so daß der Raum um sie her viel heller erschien, als der übrige Himmel. Dieser war gerade sehr heiter und zeigte sich ganz schwarz; es war daher die Erscheinung, als gebe es hier eine Öffnung, eine Unterbrechung. Alles dies sah ich bis auf den heutigen Tag mehrmals und in derselben Gestalt unverändert: also daß dies Wunderwesen, was es auch sein möge, dort seinen Sitz wahrscheinlich für immer hat. Etwas Ähnliches habe ich bei den übrigen Fixsternen nie gesehen."

So war der Weg geebnet zu einem der reichsten, vielleicht in allen seinen Konsequenzen, die ja die Ahnung schon sah, dem merkwürdigsten überhaupt aller astronomischen Feldzüge. Mancherlei Stufen galt es allerdings noch zu erklettern, ehe die Dinge sich auch nur annähernd klären sollten.

Die erste dieser Stufen ist zugleich eine äußerst wichtige zur Erkenntnislehre des Kosmos überhaupt: es ist eine große, höchst bedeutsame Phase aus der Geschichte des Fernrohrs.

Wir haben in unserer einleitenden historischen Skizze im ersten Buch das Fernrohr verlassen in den Händen Galilei's. So Bahnbrechendes Galilei's Rohr geleistet auf dem noch nie von Menschensinnen berührten Gebiet: ein echtes astronomisches Fernrohr war es noch nicht. Es stand zu den späteren in einem Verhältnis etwa wie die schlechten drei Segler des Columbus, mit denen Amerika entdeckt worden ist, zu einem modernen

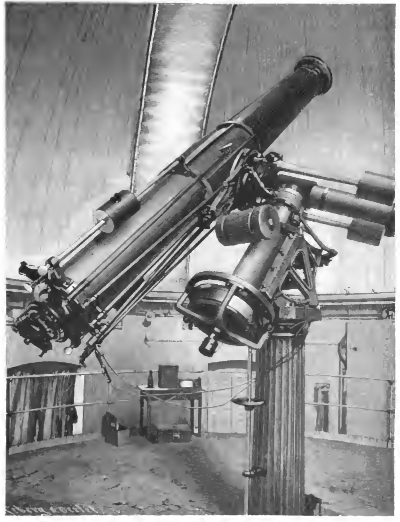
Prachtdampfer. In kurzer Röhre saßen eine doppeltkonvexe (beiderseitig gewölbte) Linse als Objektiv, die das einfallende Bild des Sterns sammelte, und eine doppeltkonkave (beiderseitig ausgehöhlte) als Okular, die die Strahlen, ehe sie sich noch zu einem kleinen, reellen Bilde vereinigt hatten, wiederum zerstreute und für das Auge ein aufrechtes, vergrößertes Bild ergab. Solche Konstruktion ließ nur geringe Vergrößerung zu. Mit siebenmaliger hat Galilei seine höchsten Triumphe gefeiert. Über zweiunddreißigmalige ist er nicht hinausgekommen. Das Fernrohr mit zwei doppeltkonvexen Linsen, wie es Kepler zuerst vorschlug, war bereits ein großer Fortschritt. Die Lichtstrahlen, die das Objektiv (die äußere, dem Auge fernere Linse) durchlaufen hatten, vereinigten sich zu einem wirklichen, auf dem Kopf stehenden Bilde, das durch die zweite Linse, das Okular, dann wie mit einer Loupe betrachtet und vergrößert werden konnte. Das



Innerer Bau des Kepler'schen oder astronomischen Fernrohrs.
Die Lichtstrahlen gehen von dem zu betrachtenden Gegenstand $A-B$ durch die doppeltkonvexe Objektivlinse C und vereinigen sich diesseits derselben zu dem reellen, aber auf dem Kopf stehenden Bilde $B'-A'$. Dieses Bild wird nun vom Beobachter durch die ebenfalls doppeltkonvexe Okularlinse C' wie mit einer Loupe betrachtet und zu $B''-A''$ vergrößert. Ein Fernrohr mit dieser Art der Lichtbrechung durch zwei doppeltkonvexe Linsen nennt man Refraktor.

Kopfstehen war dabei wenig von Belang, man gewöhnte sich daran. Und im Prinzip war hier das auch heute noch ausdauerndste astronomische Fernrohr, der Refraktor, gegeben.

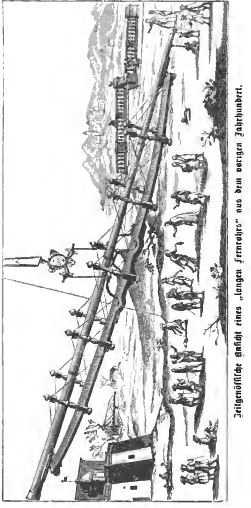
Aber es fragte sich, wie man die Kraft bei dieser Art von Ferngläsern so steigern sollte, daß nach dem ersten begeisterten Absuchen des Himmels ein steter Fortschritt im Detail zu erzielen sei. Mancherlei Wege gab die langsam erstarkende Physik dafür an. Wenn man den Schwerpunkt auf das Objektiv legte, so galt es, dessen Brennweite immer mehr zu vergrößern, um bessere Bilder zu erhalten. Das hatte aber zur notwendigen Folge eine zunehmende Verlängerung des Rohrs, und die ersten hier in der That zunächst anknüpfenden Versuche führten zu Röhren, deren Handhabung bald ein großes Kunststück wurde. Um zu einer sechshundertmaligen Vergrößerung zu gelangen, bedurfte es solcher Ungetüme an Länge, daß fast der Raum eines der kleineren deutschen Fürstentümer dafür zu eng zu werden drohte. Auzout konstruierte einen Apparat von 100 m Brennweite des Objektivs. Hier hatte man allerdings auf das konstante „Rohr“ bereits verzichtet, das Objektiv hing an hohen Masten und mühsam visierte man mit dem



Äußere Ansicht eines großen beweglichen Refraktors noch den Bedürfnissen der modernen Astronomie.

Ein Uhrwerk ermöglicht, daß jedes eingestellte Sternobjekt auf beliebige Zeit im Gesichtsfelde des Beobachters erhalten werden kann, indem es das Rohr der scheinbaren täglichen Bewegung des Gestirns genau folgen macht. Das hier dargestellte Instrument hat bei zwölf Zoll Öffnung eine Brennweite von fünf Metern. Es dient gegenwärtig den volkstümlichen Lehrzwecken des trefflichen Instituts „Urania“ zu Berlin.

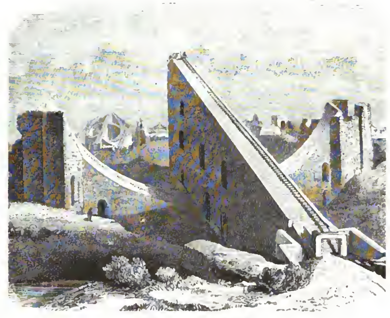
Okular in kleiner Hülse nach ihm hin, — man war auf das Prinzip des *Luftfernrohrs* geraten, wie es Huygens 1648 zuerst hergestellt und wie es auf indischen Sternwarten zu Delhi noch zu Anfang dieses Jahrhunderts in Brauch gewesen ist. Kühne Köpfe träumten von halbmeilenlangen Apparaten. Die Unbequemlichkeiten aber und die thatsächlichen Einbußen durch den Verlust des geschlossenen Rohrlaufs erweckten bei den Besonneneren in wachsendem Maße den Wunsch nach irgend einem Fortschritt an ganz anderer Ecke.



Zeitgenössische Ansicht eines „langen Fernrohrs" aus dem vorigen Jahrhundert.

Die nächste Möglichkeit einer Variation war *Verbesserung der andern Linse, des Okulars,* — man mußte bei diesem geringere Brennweite und damit wachsende Vergrößerung zu erzielen suchen. Unglücklicherweise zeigte sich aber hierbei ein neues, scheinbar ganz unüberwindliches Hemmnis. Die doppeltkonvexe Glaslinse des Objektivs, die das vom Okular zu vergrößernde Bild scharf sammeln sollte, brach *nicht nur den Lichtstrahl in dem Sinne*, wie man es wünschte und die ganze Theorie des Fernglases als Basis es verlangte, sondern sie *zerstreute ihn auch in Farben*, -

etwas, was man keineswegs wollte. Jeder Farbenstrahl erweckte nämlich hierbei sein besonderes Bild, diese Bilder schoben sich übereinander und erschwerten, obwohl sie durch Deckung in der Mitte wieder Weiß erzeugten, doch dauernd die Deutlichkeit des einen genau in der Brennweite der Okularlinse liegenden und also allein für die Vergrößerung wichtigen Bildes. Newtons Scharfsinn selbst erlahmte vor dem Problem, diese Farbenklippe zu um-



Indische Sternwarte in Delhi.

schiffen: er hielt die Aufgabe für absolut unlösbar, und folgerichtig ging er zu Studien über eine neue Art von Objektiv über.

Eine Zeitlang glaubte er eine wesentliche Besserung gefunden zu haben in dem Spiegelteleskop. Die Änderung gegenüber dem gewöhnlichen Linsenfernrohr oder Refraktor bestand für dieses neue Teleskop darin, daß statt der Objektivlinse, die das Licht durchgehen läßt, und so, allerdings gebrochen, dem mit dem Okular bewaffneten Auge weitergiebt, hier ein Hohlspiegel das Licht zurückwarf. Das Auge muß dabei, um diese zurückgeworfenen Strahlen zu erhalten, dem Spiegel eigentlich genau gegenüberstehen, wobei es zunächst allerdings noch eines besondern Kunstgriffes bedarf, damit nicht bei solcher Stellung eben der Kopf des Beschauers gleich-

zeitig die Lichtwellen, die auf den Hohlspiegel fallen sollen, abschneidet und sich so selbst im Schatten ist. Newton löste so, daß er das Bild von dem großen Hohlspiegel des Objektivs auf einen vor diesem angebrachten etwas geneigten, ebenen und ziemlich kleinen zweiten Spiegel zurückgeworfen werden ließ; auf diesem kleineren Spiegelchen konnte es dann vermittelst des Okulars von der Seite her betrachtet und vergrößert werden. Die glückliche Herstellung gewaltiger Metallspiegel mit weit verstärkender Helligkeit erwies sich als wahrscheinlicher, als die von entsprechend riesigen gläsernen Objektivlinsen, und das versprach diesem System des „Reflektors“ einen Vorzug vor dem Refraktor. Die Helligkeit der Bilder erlitt an sich nur leider schon bei der ersten Spiegelung eine sehr beträchtliche Abschwächung — fast ein Drittel — und bei der nochmaligen in dem kleinen Spiegel schließlich gar mehr als die Hälfte von der des Linsenfernrohrs, und so drohten sich, was Newton selbst nach Anfertigung zweier Spiegelteleskope einleuchtete, die Vorzüge und Nachteile doch wieder die Wage zu halten.

Die Frage blieb vorläufig offen, und Newton starb, ohne sich von irgend einer entscheidenden Fortschrittsmöglichkeit überzeugt zu haben. Indessen schon zu Ende der vierziger Jahre von 1700, also ziemlich bald nach Newtons Tod, bestritt der scharfsinnige Mathematiker Euler die Basis von Newtons Skepsis gegenüber der Farbenzerstreuung: er behauptete die Möglichkeit einer Brechung des Lichts zu teleskopischen Zwecken auch ohne eine mitunterlaufende Farbenzerlegung und eine resultierende Undeutlichkeit des Objektivbildes. Euler berief sich dabei auf die Thatsache, daß in unserm menschlichen Auge selbst das Problem einer achromatischen (keine gleichzeitige Farbzerstreuung erzeugenden) Lichtbrechung gelöst sei, — ein anregendes Beispiel für den Weg, den große Entdeckungen nehmen können. Denn um die Anbahnung einer folgenreichen Entdeckung handelte es sich bei Eulers zunächst rein theoretischen Studien in der That. Nachdem ein englischer Sonderling, Chester More Hall, schon um 1729 auf den rechten Ausweg gelangt sein soll — eine ziemlich dunkle Geschichte —, ist es jedenfalls vom Ende der fünfziger Jahre des vorigen Jahrhunderts ab dem Optiker John Dollond, dem Sohn eines französischen Emigranten in England, geglückt, achromatische Objektive herzustellen. Zu der Konvexlinse des Objektivs wurde noch eine Konkavlinse gefügt, und zwar wurden für diese beiden Objektivlinsen verschiedene Glassorten gewählt, für die gewölbte Linse Kronglas, für die gehöhlte sogenanntes Flintglas, eine bleihaltige Glasart. Der aus optischen Gesetzen resultierende Erfolg war eine vollkommene Paralysierung der Farbenzerstreuung, ohne daß doch die Lichtbrechung zu Gunsten der Okularvergrößerung wesentlich dadurch gestört worden wäre. Zu glänzender Vervollkommnung wurde die Praxis der achromatischen Doppellinsen in der Folge (im Anfang unseres Jahrhunderts)

dann von Joseph Fraunhofer in München geführt, und die Entwickelung des Refraktors war von da ab eine stetig aufsteigende bis zu den prachtvollen Fernröhren der Gegenwart.

Dem ganzen Lauf der Dinge, wie ich ihn hier im flüchtigsten Umriß skizziert, folgt getreu die Geschichte der Forschung nach den Nebelflecken. Die Entdeckung des Orionnebels fiel in die Zeit, da man in der Länge der Röhren das Heil suchte. Die folgenden Jahrzehnte blieben noch ohne viel Gewinn. 1716 hatte man im ganzen erst sechs Stück Nebel beisammen. 1771 zählte Messier, den die erfolgreich betriebene Jagd nach neuen Kometen gezwungen hatte, die feststehenden Nebelgebilde, die oft täuschend einem Kometen glichen, der ewigen Verwechslung halber für seinen eigenen Gebrauch aufzuzeichnen, 103 Objekte dieser Art. Der entscheidende Fortschritt aber kam von einem Manne, der, was seine Instrumente anbetraf, anknüpfte an jenen Seitenweg, den Newton versucht: bei dem Spiegelteleskop.

1757, eben als Dollond dem Kunststück der achromatischen Linsen auf die Spur kam, siedelte sich in England ein deutscher Musiker an, Wilhelm Herschel. 15. November 1738 in Hannover geboren, war er als Hautboist bei der Regimentsmusik mit Truppen herübergekommen und fristete nun kummerlich seine Existenz mit Musikstunden und Orgelspielen. Aber der junge Mann war seinem Geiste nach mehr als ein gewöhnlicher Musikus. Vom Spiel der Noten schweifte er hinüber zur logischen Folge der Zahlen. Jede Mußestunde, die er sich abrang, widmete er dem emsigsten mathematischen Studium. Und die Mathematik wieder führte ihn zur Optik, der Lehre vom Sehen, und zur Astronomie, dieser schönsten Frucht aller optischen Bestrebungen und Erfolge. In Herschels Ideenkreis geriet Newtons alter, inzwischen von anderen vielfach wieder aufgenommener Plan, die Objektivlinse des Fernrohrs durch einen Spiegel zu ersetzen. Ein nüchterner Praktiker, von früh auf gewohnt, alles, was er wollte, sich selbst zu erringen durch seiner Hände Arbeit, setzt sich Herschel hin und verfertigt sich ein erstes Spiegelteleskop. Den Spiegel schliff er sich selbst, nach eigener neu erfundener Methode, während er äußerlich noch als kleiner Musikdirektor in Bath sich sein Brot erwarb. Die Stunde brauchte solche Männer, die mit eisernem Fleiße sich selbst halfen. Und so krönte schon nach sehr kurzer Zeit ein beispielloser Erfolg die einsame Arbeit des unbekannten Liebhabers. 1779 entstand Herschels erstes kleines Instrument, nach Newtons Grundriß angelegt. 1782 flog der Ruhm des Astronomen bereits mit aller Schnelligkeit, die bei den schlechten Verkehrsverhältnissen der Zeit gegeben war, durch die ganze Kulturwelt. Er hatte geleistet, was von allen denkbaren Entdeckungen am Himmel eigentlich die merkwürdigste war: zu den fünf Planeten außer der Erde, die schon das älteste Urgrau menschlicher Kulturgeschichte durchleuchtet hatten, war in Herschels Rohr

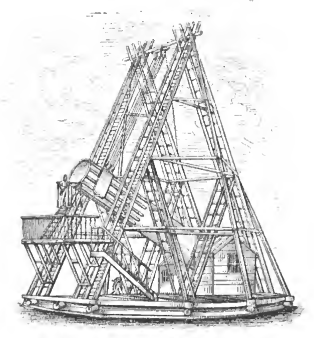
ein sechster getreten, der Uranus (13. März 1781 als Komet entdeckt 7. November 1782 als Planet von Herschel angesprochen). Jetzt war die Zeit des Daseinskampfes mit einem Schlage um. Die Spitzen und Gönner der Wissenschaft reklamierten ihren Mann. Die Universität Oxford brachte



Wilhelm Herschel,
der Begründer unserer Kenntnis von den Nebelflecken.

den Doktortitel, König Georg III. ernannte den glücklichen Finder zu seinem Hofastronomen mit reicher Rente, zu der alsbald noch die Hilfe einer begüterten Frau trat. Der jähe Ruhm rüttelte nicht an Herschels idealen Zwecken. Nur, da ihm die Mittel jetzt frei zur Verfügung standen, gingen auch seine Aufgaben, die er sich stellte, ins Riesenhafte. Um 1789,

im Revolutionsjahre der Franzosen, erwuchs unter seinen Händen ein Spiegelteleskop von Dimensionen, wie sie noch kein Sterblicher gesehen hatte. Fünf Jahre war daran gearbeitet worden. Der Durchmesser des Rohres maß fast anderthalb Meter, die Länge zwölf Meter. Das Gewicht des 1⅛ Quadratmeter großen Spiegels allein betrug tausend Kilogramm. Die Kosten — ungefähr 42000 Mark — bestritt der König ganz. Ein zweites



Das große Spiegelteleskop des Wilhelm Herschel (1789).

für den längeren Gebrauch praktischeres Instrument Herschels hatte ungefähr in allem die halbe Größe — wobei immer noch sechs Meter für das Rohr blieben. Das größere Instrument brachte es bis zu einer 6400fachen Vergrößerung. Der Spiegel hatte bei beiden eine geringe Neigung gegen das Rohr hin, so daß das zurückgeworfene Bild nahe der oberen Öffnung sich auf die Rohrwand projizierte, wo es — ohne daß ein zweites Spiegelchen, wie bei Newton, nötig war — unmittelbar durch das Okular vergrößert werden konnte. Der Beobachter stand entsprechend hoch oben an der drohenden Wölbung dieser Kolosse — die Abbildung zeigt nach einem alten Holzschnitte, wie er auf kühnen Treppen hinaufgelangte.

Wieder begann vor diesen alles früher Denkbare weit überstrahlenden technischen Mitteln der Beobachtung eine Zeit der Wunder, wie einst in Galilei's Tagen. Aber im Mittelpunkte stand dabei ein siegreicher Feldzug: die erste planmäßige Durchforschung der Nebelflecke. Die Veröffentlichungen darüber begannen 1784 und reichten bis 1814. Schon in der allerersten durfte Herschel verkünden, daß er zu den 103 Nebeln des Messier 466 neue Flecke und Sternhaufen hinzugefunden habe. Am Ende seiner ruhmreichen Kampagne, die in den überwundenen Raumgrößen wie im edeln Zweck so unvergleichlich über allem Kriegssturm und Napoleonischen Cäsarenrausch mit seinen Träumen von einer „Weltherrschaft" stand, war die Ziffer auch nur der echten Nebelflecke auf 2303 angestiegen, wozu noch 197 aufgelöste Sternhaufen kamen. Der ganze Himmel schien dem Beobachter mit Schichten nebeliger Materie durchspannt. „Eins von diesen Nebellagern" erzählt er 1784, „ist so reichhaltig, daß, da ich nur einen Abschnitt desselben in der kurzen Zeit von 36 Minuten durchging, ich nicht weniger als 31 Nebelflecke entdeckte, auf einem schönen blauen Himmel alle deutlich sichtbar. Ihre Lage und Gestalt sowohl als Beschaffenheit scheint alle nur erdenklichen



Innerer Bau des Herschel'schen Spiegelteleskops.
Der etwas geneigte Spiegel M erzeugt ein Bild b—a, das vermittelst des Okulars zu b'—a' vergrößert wird.

Mannigfaltigkeiten anzuzeigen. In einer anderen Schicht oder vielmehr in einem anderen Arme der ersteren, sah ich doppelte und dreifache Nebelflecken in mannigfaltiger Anordnung; große mit kleinen, die Begleiter zu sein schienen; schmale aber sehr ausgedehnte lichte Nebelflecken, oder glänzende Tüpfel, einige von der Gestalt eines Fächers, der aus einem lichten Punkte, gleich einem elektrischen Bündel, herauskommt; andere von kometenartigem Aussehen, mit einem anscheinenden Stern im Mittelpunkte, oder gleich wolkigen Sternen, umringt von einer nebligen Atmosphäre; eine andere Gattung wiederum enthielt einen Nebel von milchiger Art, gleich jener wundersamen, unerklärlichen Erscheinung um den Stern ϑ des Orion; indes wiederum andere mit einer Art von matterem, gefleckten Licht schimmern, welches ihre Auflösbarkeit in Sterne verrät." Ein kombinatorischer Kopf, wie Herschel war, machte er nicht Halt vor der bloßen begeisterten Beschreibung. Er suchte auch Erklärungen. Anfangs neigte er zu der alten Auffassung, die schon Galilei, als er die Milchstraße sich in Sterne zergliedern sah, geteilt. Das, was man dem äußern Anblick nach „Nebelmaterie" nannte, dachte er sich in Wahrheit bloß als das, durch seine große Ferne bewirkte, perspektivische Phänomen eines Zusammenfließens zahlloser fester Sternpunkte zu einem milchigen Gesamtlicht. An mehreren Stellen des Himmels gab es sehr deutliche und unverkennbare

„Sternhaufen“, dichte Massen eng gedrängter Fixsterne, von denen doch jeder für sich bestand, ohne daß eine „Nebelmaterie“ besonderer Art sie verknüpfte. Je weiter solche Sternhaufen aber von uns entfernt standen, desto undeutlicher wurden die Einzelsterne, die Lichtpunkte verschwammen zu einer hellen Wolke, und der Analogieschluß lag nahe, daß die echten „Nebelwolken“ nichts anderes seien, als riesige Sternhaufen in allerfernster Himmelszone.

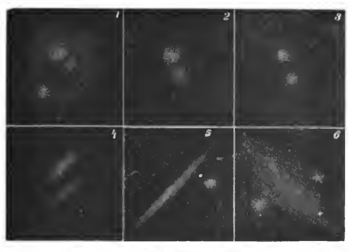
Je länger aber Herschel beobachtete und je mehr sein besonnener Kopf das Geschaute denkend verarbeitete, desto einleuchtender wurde ihm vor



Sternhaufen in der Wage und im Herkules.
(Nach John Herschel.)

den seltsamen Formen dieser Nebelwunder, daß jene Theorie doch nicht überall gelten möge. Ein treuer Schüler, dem die Natur allein seine Autorität bildete, kehrte er langsam zurück zu Keplers Anschauungen vom losen „Weltendunst“, der thatsächlich allerorten fast noch im All verbreitet sei und sich erst zu Fixsternen zusammenballen wolle. Runde Gebilde, die sogenannten planetarischen Nebel, bei deren einem genau im Centrum ein heller Punkt sich zeigte, erschienen geradezu wie ein in Bildung begriffener Stern, den (mit Herschels Wort) „die fernere Anhäufung der schon sehr verdichteten, leuchtenden Materie in der Folge zur Vollendung bringen kann“. Ebenso deuteten die zahlreichen Doppelnebel auf ein Herauswachsen der Doppelsterne aus Nebelgebilden. Herschels Bekehrung zu der „Dunst-Theorie“ besagte bei dem fast absolutem Ansehen, das er um die Wende des Jahrhunderts genoß, einen entscheidenden Sieg dieser Anschauung, die den großen Reiz hatte, daß sie einen gewissen Einblick in die „Entwickelungsgeschichte“ des Kosmos verhieß. Aber die Theorie sollte gleichwohl gerade

mit dem Fortgange der von Herschel so gut angebahnten Detailforschung vermittelst riesiger Fernröhre in der folgenden ersten Hälfte des neunzehnten Säkulums nochmals arg in die Enge getrieben werden. Schon Herschel hatte selbst mit der ihm eigenen strengen Vorsicht für einen Teil der Nebel die Möglichkeit einer doch noch erfolgenden Auflösung in einfache Sternhaufen konsequent im Auge behalten. Als er 1822 sein glückliches Leben beschloß, übernahm zunächst sein Sohn John Herschel (in dieser gesunden Familie erbte der Sinn für Astronomie fort, wie anderswo ver-



Doppelnebel.
(Nach John Herschel.)

heerende Krankheiten) die Arbeit des alten Meisters und vervollständigte sie durchaus in seinem Sinne. Von 1834—1838 beobachtete er mit seinen trefflichen Instrumenten die Nebel des Südhimmels (am Kap der guten Hoffnung) und fügte dort zu den zweieinhalbtausend nördlichen seines Vaters 1239 südliche echte Nebelflecke und 236 Sternhaufen. Fast sechzig Jahre hatten die Herschels jetzt gleichsam das Monopol auf Nebelflecknachrichten gehabt. Da errichtete auf seinem Landsitz Parsons Town in Irland ein reicher Engländer, **Lord Rosse**, ein Observatorium, das den tapferen Hannoveranern im idealen Sinne Konkurrenz im Ruhm zu machen bestimmt sein sollte. Lord Rosse durfte sich bei noch größeren Geldmitteln, die nicht des Instanzenweges durch des Königs Schatulle bedurften, einen Reflektor leisten, der selbst den Zeitgenossen des guten Vater Herschel märchenhaft vorgekommen wäre. Mit einem Kostenaufwand von ungefähr 300 000 Francs ließ er 1845 den sogenannten „Leviathan" herstellen, eine

astronomische Riesenkanone von $16^{1}/_{2}$ Meter Länge bei $1^{3}/_{4}$ Meter Durchmesser. Der Spiegel, zwischen $12^{3}/_{4}$ und 14 cm dick und $2^{1}/_{2}$ Quadratmeter Fläche spannend, wog 3809 Kilogramm und ergab eine lineare Vergrößerung von 6000 — was besagen will, daß der Mond beispielsweise auf ca. 15 Meilen dem Beobachter nahe kommt! Das aus Tannenholz hergestellte, mit eisernen Reifen beschlagene Rohr wog 6750 Kilogramm,



Großer Sternhaufen im Sternbilde des Tukans.
(Nach Lord Rosse.)

samt der Unterlage und dem Spiegel kam also ein Gesamtgewicht von 16284 Kilogramm heraus, wobei verständlich wird, daß dieser Koloß, der wirklich wie das Ungeheuer der Bibel, der Leviathan, mit dem Beobachter ins unermeßliche Weltmeer zu tauchen befähigt sein sollte, als Stütze zweier starker Mauern bedurfte, die 18 Meter Höhe erreichten. Dem Gewicht zum Trotz ließ das Rohr sich gleichwohl ohne Mühe auf- und niederdrehen, — allerdings seitlich mit einer unvermeidlichen Beschränkung, die ihm bei aller Kunst des Bewegungsmechanismus doch eine gewisse Unbeholfenheit verlieh.

Vom Moment an, da der „Leviathan“ sein ungeheures starres Auge dem Jäger im Nebelflecken-Grunde lieh, verschob sich das Bild dieser fernen Wunderwelten abermals in einer unerwarteten Weise. Nebel um Nebel



Das große Spiegelteleskop des Lord Rosse bei Parsonstown in Irland (1845).

kristallisierte zum Sternhaufen, und von neuem wurde vor so erfolgreichen Auflösungsversuchen die Hypothese eine lebensfähige, ob nicht doch der „kosmische Dunst", die „Sternenwiege", von der bereits alle Laien zu phantasieren begannen, bloß ein trügender Schein gewesen sei und alle „Nebel" in Wahrheit nur sehr entfernte, dem Auge in Eins verschmelzende Sternhaufen seien. Sogar an den Orion-Nebel, den schönsten und typischsten von allen, wagte sich der „Leviathan", und es zeigten sich (nach Rosse's eigenem Wort) „um das Trapez her eine Masse von Sternen", und der übrige Teil des Nebels war „ebenfalls reich an Sternen" und trug „ganz den Charakter der Auflösbarkeit". Als Humboldt 1852 den astronomischen Teil seines „Kosmos" abschloß, stand die ganze Frage in hohem Maße ungünstig für die alte Dunst-Theorie, und ihr Fall schien lediglich nur noch sich zu verzögern bis zum Bau eines noch gewaltigeren Teleskops, dem auch da noch die Auflösung gelang, wo der „Leviathan" erlahmte.

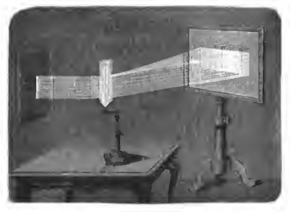
Und wieder, auch nach alledem, kam eine neue Wendung, die doch von dieser schiefen Ebene neuerdings und für immer, den Ausschlag gebend, wegführte: sie kam, ehe noch jemand die Idee eines Lord Rosse's Kunst überbietenden Rohres gefaßt, aus einer ganz anderen Ecke der Wissenschaft. Ihre Apparate ermangelten jeglicher Riesenhaftigkeit, und doch überstieg ihre Leistung für die menschliche Erkenntnis weitaus alles, was Herschel und Rosse vollbracht.

Die Spektral-Analyse war es, die das Wunder that.

Wir haben die verzweifelten Bemühungen flüchtig berührt, die endlich dazu führten, daß man Linsen bauen lernte ohne Farbenzerstreuung beim Durchgang der Lichtstrahlen. Als man sich mit dem anfangs schier unlösbaren Problem herumschlug, ahnte niemand, daß gerade die verpönte Brechung des Lichts zu einem Farbenbande selbst einmal Mittel werden sollte, um da, wo die Teleskoplinsen schon versagten, eine unerhoffte Bereicherung der Erkenntnis zu bewirken. Und doch war der Grundstock der Methode ein ungemein einfacher.

Durch einen schmalen Spalt fällt ein karger Streifen gewöhnlichen weißen Lichtes (Sonnenlicht, oder ein künstliches wie Drummond'sches Kalklicht) in ein dunkles Gemach. Auf die glatte Wand gegenüber malt sich sogleich ein heller weißer Streif. Jetzt setze ich zwischen diesen Streif und den Spalt ein dreiseitig geschliffenes Glas (Prisma). Dem alten Beispiel entsprechend, daß ein Stock, halb ins Wasser eingetaucht, von der Eintauchungsstelle ab wie geknickt erscheint, muß das Licht durch das neue, von der vorher passierten Luft verschiedene durchsichtige Medium, das Glas, „gebrochen" werden: der weiße Streif müßte entsprechend an eine etwas seitlich liegende Stelle der Wand wandern. Aber es entsteht gar kein solcher Streif: es erglänzt an seiner Stelle ein schönes Farbenband mit aller Zier des Regenbogens, das „Spektrum". Der Streifen weißen Lichtes, den ich eingelassen

habe, ist nämlich trotz der Schmalheit des Spaltes in Wahrheit ein Bündel von Einzelstrahlen sehr verschiedener Art gewesen. Sein „Weiß“ war nichts anderes als ein Produkt aus verschiedenfarbigen Lichtarten, die, einzeln nebeneinander sortiert, das Bild einer bunten Farbenreihe ergeben würden. Und das Prisma zwingt sie nun wirklich zu solcher Sonderung, zum Nebeneinandergehn. Denn die einzelnen Strahlen verhalten sich ungleich bei der Brechung, die das Prisma dem ganzen Bündel aufgenötigt hat: Rot wird weniger weit seitwärts abgelenkt als Orange und Gelb, diese



Zerlegung (Analyse) des weißen Sonnenlichts durch ein dreiseitig geschliffenes Glas (Prisma) in ein Farbenband (Spektrum).

etwas weniger wieder als Grün, Blau, Violett. So stößt jeder der Strahlen an einer um ein Geringes anders gelegenen Stelle als die übrigen auf die weiße Wand drüben: der, welcher Rot giebt, noch am meisten senkrecht, Orange schon weniger und so fort bis zum Violett, das schon ein ganz beträchtliches Stück weit seitwärts von der Stelle, wo ohne Prisma der weiße Lichtfleck stand, erst in ganz schräger Bahn die Fläche erreicht. Und das schöne Ergebnis ist das Spektrum, das von Rot bis Violett alle Regenbogenfarben weist.

Seit Newtons Zeit war man im Besitz der grundlegenden Thatsache. Auf welche folgenschwere Entdeckung man aber damit lossteuerte, ahnte man anderthalb Jahrhunderte lang nicht.

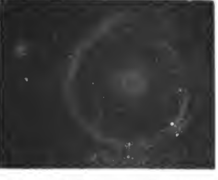
Es war bei unserm Experiment für die Gleichförmigkeit des Spektrums, wenigstens für das Grundprinzip eines dem bloßen Auge ununterbrochenen (kontinuierlichen) Regenbogenbandes, wie schon erwähnt, gleichgiltig, ob wir das Licht der Sonne benutzten oder etwa ein künstliches Licht wie das

sogenannte Drummond'sche Kalklicht. Nun wäre, falls das auf alle Lichtarten der Welt, die genügende Helligkeit besitzen, anwendbar sein sollte, klar, daß man aus dem Bilde des Spektrums, so lehrreich es für die Farbenlehre an sich sein mag, niemals etwas herauslesen könnte über die Verschiedenheiten der erzeugenden Lichtquellen, — darüber, ob nun hier echtes Sonnenlicht zerlegt sei oder nur die glänzenden Lichtbündel der erhitzten Kreide im Drummond'schen Kalklicht. In Wahrheit hat die „Gleichartigkeit“ aber ihre scharfe Grenze. Bei den Kalkteilchen des Drummond'schen Lichtes, die in einer Knallgasflamme glühen, handelt es sich um einen in den Zustand der Weißglut versetzten festen Körper. Und wo immer in der That sonst noch ein fester oder tropfbar flüssiger Körper in diesem Hitzegrad als Lichtquelle benutzt und dieses sein Licht im Prisma gebrochen wird, da entsteht jenes gleiche kontinuierliche Spektrum. Anders aber, ganz anders, sobald man zur Lichtquelle einen glühenden Stoff in gasförmigem Zustande, ein glühendes Gas, macht. Ein für gewöhnlich schon in Gasform auftretender Grundstoff (etwa Wasserstoff), in einer Glasröhre mit Hilfe des elektrischen Funkens zum Glühen gebracht, — ein beliebiges Metall, durch äußerste Erhitzungsgrade in leuchtenden Dampf verflüchtigt: sie beide ergeben bei der Lichtzerlegung durch das Prisma durchaus kein ewig gleiches Regenbogenspektrum. Statt des fortlaufenden Bandes erscheinen einzelne bunte Bänder und Linien, die durch dunkle Räume voneinander getrennt sind. Und das Wunderbarste: jedes Element zeigt als glühendes Gas sein besonderes Spektrum. Die Farben und Zahl der Linien wechseln individuell, und die Orte innerhalb des Ganzen nicht weniger. Und so liest man in diesem Spektrum allerdings stets zweierlei: einmal, daß es sich um Licht von einem gasförmigen Körper handelt; dann aber auch, welches Element im gasförmigen Aggregatzustande das Licht erzeugt. Flammt eine leuchtend gelbe Linie an bestimmter Stelle im Spektrum auf, so verdampft in der Lichtquelle zweifellos Natrium, das Metall des Kochsalzes, und mit einem verfeinerten Apparat, der die Wunder des Prisma gewissermaßen konzentriert zeigt, — einem Spektroskop neuerer Konstruktion*) — läßt sich noch der dreimillionste Teil eines Milligramms von solchem Natrium in der Flamme durch eben diese verräterische gelbe Linie unwiderleglich nachweisen. Neue, bis dahin unbekannte Elemente der Erde sind auf keinem anderen als diesem Wege entdeckt worden: das Rubidium, nach der prächtig

*) Das einfache „Spektroskop“ fängt das Licht durch einen feinen Spalt in ein Rohr, aus dem es durch eine Sammellinse auf ein hinter dem Rohr befindliches Prisma geworfen wird; auf der anderen Seite des Prisma öffnet sich ein Fernrohr, mit dem das so entstehende Spektrum unmittelbar betrachtet wird. Verfeinerte Bedürfnisse haben den Apparat natürlich (genau wie bei Teleskop und Mikroskop) noch vielfach kompliziert.

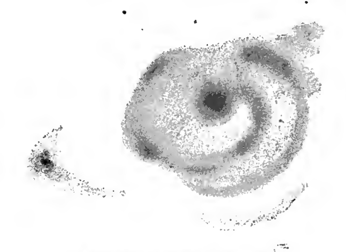
roten Linie seines Spektrums so genannt, die unerwartet beim Verbrennen gewisser Stoffe im Apparat auftauchte und auf Beimischung winziger Teilchen eines unbekannten Grundstoffs mit Notwendigkeit schließen ließ, — das Cäsium mit schön blauer Linie, das Thallium mit einer lauchgrünen u. a. Die einzige Ausnahme bilden bis zu gewissem Grade erhitzte Gase unter sehr bedeutendem Druck: sie erzeugen allerdings auch ein kontinuierliches Spektrum.

Nun ist, wenn man jene zweite wichtige Thatsache zu der ersten hinzunimmt, ohne weiteres begreiflich, daß die „Spektral-Analyse“, d. h. die Auflösung des Lichts vermittelst des Prisma, für unsere Kenntnis von den Himmelskörpern, von denen uns grade das hier Nötige, nämlich Licht, ausreichend zugeht, außerordentlich wertvoll sein muß. Es bedarf nur eines einzigen Blickes auf das Sonnenspektrum, um uns darüber zu unterrichten, daß die Sonne sich in einem Zustande befinden muß, wie er dem kontinuierlichen Spektrum entspricht. Was für chemische Stoffe in ihr leuchten, davon würde uns zugleich mit diesem physischen Resultat nun allerdings jetzt — grade wegen des kontinuierlichen Spektrums — keine Kenntnis blühen, wenn die Sache sich nicht hier glücklicherweise doch noch etwas komplizierter entwickelte. Bei eingehenderem Studium zeigt das Sonnenspektrum nämlich doch noch eine ganz spezielle Eigenschaft, die ihm die Rangstellung als echtes kontinuierliches Spektrum zu Gunsten unserer „Physik der Sonne“ wieder nimmt: es weist ein System von einer Unmasse feiner dunkler Linien, die allerorten das kontinuierliche Spektrum von oben nach unten durchqueren. Diese Linien entstammen nun, wie man heute weiß, dem wunderlichen Umstande, daß bei der Sonne zufällig die beiden Arten von Spektrum: das kontinuierliche der festen oder flüssigen und das in individuelle Farbenlinien zusammengezogene der gasigen Körper übereinander liegen. Das



Der Spiralnebel im Sternbild der Jagdhunde,
von John Herschel als ein (zum Teil verdoppelter) Nebelring, der einen runden Kernnebel umkreist und außen von einem freien Nebelkörper begleitet wird, gezeichnet. 1845 wurde von Lord Rosse nachgewiesen, daß der gesamte Nebel vielmehr die Gestalt einer riesigen Spirale hat (vergl. die Bilder auf S. 22, 264, 265), so daß die Zeichnung Herschels als charakteristisches Beispiel für die Irrtumsmöglichkeiten bei nicht ausreichenden optischen Mitteln und schwachen Zeichnerfähigkeiten gelten kann.

Operieren mit mehreren verschiedenen, hintereinander gesetzten Lichtquellen vor dem Spalt des Spektroskops hat für unsere irdischen Stoffe unzweideutig nachgewiesen, daß, wenn man das Licht eines in Glut versetzten festen oder flüssigen Körpers durch das Licht eines glühenden Gases hindurchgehen läßt und dann im Prisma bricht, zwar eine Art kontinuierlichen Spektrums entsteht, in diesem aber an allen den Stellen, wo das Gasspektrum des zweiten Lichts bunte Linien haben

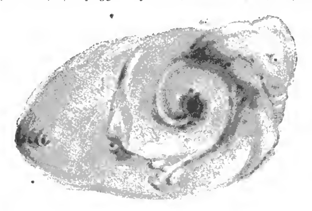


Die Spiralnebel im Sternbild der Jagdhunde
(dargestellt auch auf S. 22, 263 und 265),
von H. C. Vogel vor dem Wiener 27zölligen Refraktor nach eingehendstem Studium gezeichnet

müßte, dunkle Streifen sich einstellen: die Fraunhofer'schen Linien. Im Sonnenspektrum sind solcher Fraunhofer'scher Linien eine Unmasse (der Entdecker Fraunhofer fand selbst schon 576), und darunter sind eine ganze Reihe, die vermöge ihrer höchst charakteristischen Lage im Gesamtspektrum sich trotz der mangelnden Farbe als individuelle Gas-Linien festlegen ließen, die man von irdischen Stoffen her sehr gut kannte und die nun völlig genügenden Aufschluß wenigstens darüber gaben, was in der Außenhülle der Sonne für irdische Elemente in Form glühender Dämpfe ihr Wesen trieben. Ich komme später, bei der Besprechung der Sonne, auf die wichtigen Details grade dieses Fundes noch eingehender zurück. Was uns hier im Zusammenhang wesentlich interessieren muß, ist der Fingerzeig, den dieses glückliche Mittel der Spektral-Analyse uns zunächst über die wahre Natur der Nebelflecke geben durfte.

Wir haben gesehen, wie Lord Rosse Fleck um Fleck in Sternhaufen aufzulösen begann, wie selbst der Orion sich schon lockerte und der ganzen echten „Nebel-Theorie" das letzte Stündlein geschlagen zu haben schien.

Da wurden um 1860 die drei Fundamentalgesetze der Spektral-Analyse (Natur des kontinuierlichen Spektrums, Natur des Gasspektrums und Natur der übereinander liegenden kombinierten Spektren mit Fraunhofer'schen Linien) durch die großen Physiker Kirchhoff und Bunsen endgiltig festgestellt. Im August 1864 prüfte Huggins zum erstenmal das schwache Licht



Der Spiralnebel im Sternbild der Jagdhunde
(dargestellt auch auf S. 22, 263 und 264),
von H. C. Vogel gezeichnet nach den ersten von Eugen v. Gothard (mit Hilfe eines $10^1/_4$ zölligen Spiegelteleskops) angefertigten Photographien.

eines Nebelflecks mit seinem Spektroskop, und — eine wundervolle Offenbarung wie wenige: es erschien vor seinen Augen ein echtes Gasspektrum mit drei bunten Linien. Zwei machten glühenden Wasserstoff und Stickstoff wahrscheinlich. Für die dritte fand sich vorläufig keine irdische Analogie. Der Stickstoff wurde übrigens später wieder angezweifelt.

Huggins' Erfolg bedeutete abermals eine neue Epoche in dem nun schon über hundertjährigen „Kampfe um die Nebelflecken". In weiterer Anwendung der spektralanalytischen Methode stellte sich zur Evidenz heraus, daß das einfache „Auflösen" der Nebelflecke an sich noch nicht zur Gleichsetzung mit einem Fixstern-Haufen genüge. An Stellen, wo man thatsächlich bereits den Nebel in eine Masse kleiner Lichtpunkte vor dem Teleskop zerfallen sah, wies das am Teleskop befestigte Spektroskop auch in diesen Lichtpunkten nichts als — allerdings schon individuell geballte — Ansammlungen

loser Gase, die sich bei bestem Willen nicht mit den unserer Sonne mehr oder minder ähnlichen Fixstern-Sonnen vergleichen ließen. Andererseits erwiesen sich eine Reihe von „Nebelflecken“ nun erst recht grade durch die neue Waffe als wirkliche Fixsternsysteme, ungeheure kosmische Anhäufungen riesenhafter Sonnen, zahllos gedrängt wie die einzelnen Wasserbläschen in einer irdischen Regenwolke: — sie lieferten ein kontinuierliches Grundspektrum. Übergänge und Übereinanderlagerungen der Spektra erschwerten die strenge Sonderung im einzelnen sehr. Aber im ganzen war doch ein neues Bild der Dinge geschaffen, das, wie so oft in der Geschichte menschlichen Forschens und menschlicher Übereilung, die besonnene Mitte gab zwischen Herschels Nebeltheorie und Rosse's Auflösungen. Wollte man die Nebelflecke als älteste Entwickelungsstufen fassen, so war der echte Weltennebel, die „gasförmige Urmaterie“, für einen Teil jener Gebilde zweifellos gerettet. Aber es leuchtete ebenso klar ein, daß man nicht alle Nebelgebilde unter einen Hut bringen könne, daß vielmehr schon in dieser fremdesten Anfangswelt verschiedene Entwickelungsstufen anzunehmen seien, die vom ganz formlosen Gemisch weniger gasförmiger Elemente zum System zahlloser Gasbälle und schließlich zum echten Fixsternhaufen hinübergeleiteten.

In allerneuester Zeit ist es im Verfolg der Dinge geglückt, auch noch eine ganz bestimmte, sehr merkwürdige Neben-Eigenschaft des Spektrums für unsere Kenntnis von den Nebelflecken nutzbar zu machen. Es handelt sich hierbei eigentümlicherweise nicht um einen Aufschluß über die chemische Natur der spektralanalytisch untersuchten Himmelsobjekte, sondern um den Nachweis ihrer Bewegung im Weltenraum. In der That ermöglicht ein sorgsames Studium des Spektrums dem Astronomen, ein bestimmtes Urteil darüber auszusprechen, ob der betreffende lichtstrahlende Weltkörper sich von der Erde entfernt oder ob er sich ihr nähert, und wie schnell diese Bewegung sich vollzieht. Um eine Vorstellung zu erlangen, wie diese Sache zu stande kommt, ist es nötig, daß wir uns für einen Moment nochmals mit der Theorie des Spektrums befassen. Das Bild auf S. 261 hat uns gezeigt, wie das einfallende weiße Lichtbündel durch das dreiseitige gläserne Prisma in eine Reihe mehr oder minder schräg zur Wand hinübergeworfener Einzelbündel zerlegt wird, die alle Regenbogenfarben von Rot bis Violett zeigen. Nun ist aber hinzuzufügen, daß das farbige Spektrum, das unserm Auge als Produkt der Zerlegung erscheint, nur durch einen Teil der wirklich vorhandenen Einzelstrahlen erzeugt wird. Außerhalb seiner beiden sichtbaren Ecken, also jenseits von Rot und von Violett, wird die Wand nachweislich noch von einer Anzahl Strahlen getroffen, die wir mit unserem Auge bloß nicht sehen können. Warum das der Fall ist, erklärt uns der Physiker. Das Licht ist eine durch den Raum auf uns loseilende Wellenbewegung, nicht etwa

ein besonderer, vom leuchtenden Gegenstand in unser Auge geschleuderter „Stoff“. Und so ist auch die „Farbe“, die ein bestimmter Lichtstrahl in unserm Auge erzeugt, nicht etwas „Stoffliches“, das „färbt“, sondern sie entspricht lediglich einem besonderen Tempo (langsamer oder rascher) dieser Wellenbewegung. Macht diese Bewegung etwa 500 Billionen Schwingungen



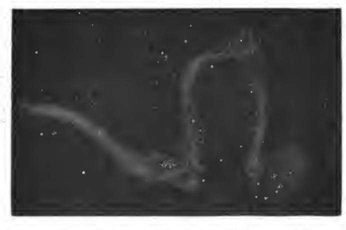
Spiral-Nebel im Sternbild der Jungfrau,
von Lord Rosse als solcher festgestellt.

in der Sekunde, so entsteht für uns der Eindruck „rot“. Bei 750 Billionen erzeugt sie uns „violett“. Nun ist unser Auge aber gewissermaßen nur auf eine bestimmte Reihe von Schwingungszahlen überhaupt eingerichtet. Violett können wir noch sehen; wenn aber der Strahl, der bisher 750 Billionen mal in der Sekunde schwang, auf einmal seine Schwingungen stark vermehrte, so würde er uns im gleichen Moment radikal verloren gehen, unsichtbar werden, da unser Auge für solch rasendes Tempo des Lichtwellenschlages nicht mehr empfänglich ist. Genau ebenso muß uns ein Lichtstrahl unsichtbar bleiben, der langsamer als „Rot“, also unter 450—500 Billionen mal pro Sekunde, schwingt. Es giebt nun in der That solche „unsichtbaren Strahlen“

beider Qualität, — sowohl zu schnelle wie zu langsame, und wenn das Prisma das weiße Lichtbündel zum Spektrum bricht, so sehen wir sie zwar nicht, aber wir wissen, daß jenseits des Rot welche liegen und ebenfalls jenseits des Violett, dort zu träge, hier zu hastige. Unser Wissen stammt dabei aus anderweitigen, nicht das Auge berührenden Wirkungen, an denen wir die Existenz „ultravioletter“ (jenseits des sichtbaren Violett befindlicher) und „ultraroter“ dunkler Strahlen sehr deutlich verspüren können, — so bei den ultravioletten an den chemischen Fähigkeiten, die für die Photographie von hoher Wichtigkeit geworden sind. Würde — und hiermit treten wir an das eigentliche Problem, das uns beschäftigen soll, heran — durch eine besondere Ursache nun in dem ganzen Strahlenbündel, das von unserm Prisma zerlegt und zum Teil als Farbenband einzeln sichtbar gemacht worden ist, eine gleichmäßige Herabsetzung der Schwingungszahl pro Sekunde stattfinden, so könnte das an dem äußeren Bilde des Spektrums absolut nichts ändern. Und doch wäre etwas sehr Wesentliches in ihm vorgegangen. Die Strahlen, die jetzt das Violett geben, fielen vorher bei der Brechung über das Violett hinaus und waren vermöge ihrer allzu rapiden Schwingung in jeder Sekunde unserm Auge unsichtbar. Die Strahlen aber, die früher Violett gaben, sind vorgerückt und bilden jetzt etwa das Indigoblau u. s. w. Am anderen Ende des Spektrums ist, entsprechend dem allgemeinen Vorrücken, das frühere Rot zum Ultraroten, d. h. den infolge allzu langsamer Schwingung unsichtbaren Strahlen geraten, und das jetzige Rot liefern die Strahlen, die bei häufigerem Wellenschlag in der Sekunde schon Orange geben mußten. Man würde diese thatsächliche Verschiebung sofort deutlich als solche wahrnehmen, wenn wir uns denken könnten, daß in irgend einem Farbenteile des anfänglichen Spektrums, etwa im Grün oder Blau, eine dunkle Linie quer durchgezogen stände, die als solche konstant bliebe, von der „Farbe“ an sich unabhängig wäre und gleichsam im Bilde nur zäh an ihrem umgebenden Lichtbereich haftete — einerlei wohin dieses jetzt bei der Brechung geriete, und die mit ihm ginge, ganz einerlei ob dieses Licht jetzt violett oder blau oder grün erschiene. Eine solche Linie würde folgerichtig bei zunehmender Verlangsamung der Schwingungsziffer sich vor unseren Augen auf die Wanderschaft begeben und in gleichem Schritte mit dieser Verlangsamung sich auf das rote Ende des Spektrums zu bewegen.

Bei einer Vergrößerung der Wellenzahl pro Sekunde für alle Strahlen des Lichtes würde umgekehrt der Ersatz der Strahlen am roten Ende beginnen und nach Violett zu fortschreiten, und entsprechend würde unsere gedachte dunkle Linie nach Violett zu sich verschieben. Je aus der so oder so erfolgenden Seitenbewegung des dunklen Querstrichs ließe sich sogar direkt, wie von einem Zeiger, ablesen, ob die Schwingungen öfter oder seltener in der Sekunde kommen, ob also der Wellenschlag des

ausströmenden Lichtes sich verlangsamt oder verstärkt. Und hier eben setzt die praktische Verwertung für die Feststellung der Thatsache ein, ob die Gestirne des Himmels sich auf uns zu bewegen oder ob sie sich entfernen. Kommt ein Stern auf uns zu, so brauchen seine Strahlen immer weniger Zeit, um uns zu erreichen, entfernt er sich, so brauchen sie stets mehr und mehr. Im ersteren Falle erhalten wir immer mehr Lichtwellen pro Sekunde, im letzteren stets weniger.*) Im Augenblick, da irgend eine konstante Linie im Spektrum, die unserm dunklen Querstrich entspräche, uns im Stern-



Der sogenannte Omega-Nebel im Sternbild des Sobieski'schen Schildes,
benannt nach der Ähnlichkeit mit dem griechischen Buchstaben Ω. (Vergl. S. 282.)

spektrum zur Verfügung stände, müßte aus ihrer allmählichen Verschiebung nach Rot oder Violett zu also ebenso deutlich zu ersehen sein, ob der Stern auf uns zukommt oder von uns wegeilt: Annäherung fiele zusammen mit Verschiebung nach Violett, Entfernung mit der nach Rot. Zum Glück ist, wie früher schon bei Erwähnung der charakteristischen hellen Linien der Gas-Spektren und der damit zusammenhängenden dunkeln, sogenannten Fraunhofer'schen Linien erörtert wurde, von der Natur selbst für ausreichendes Material an solchen konstanten, d. h. gerade wegen ihrer Konstanz sich sichtbarlich der Bewegung des Sterns entsprechend verschiebenden Linien in den Spektren der Himmelskörper gesorgt. Wenn wir im Spektrum eines

*) Der Vorgang ist durchaus analog dem bei der Tonempfindung: nähert sich uns die Quelle eines Tones, z. B. eine pfeifende Lokomotive, so verkürzen sich für uns die Schallwellen, entfernt sie sich, so verlängern sie sich; die herankommende Lokomotive giebt entsprechend beim Pfeifen einen thatsächlich ganz anderen, höheren Ton als die hinwegsausende

Sterns (Huggins untersuchte mit zuerst nach dieser Methode Sirius) eine Linie gewahren, die einer leicht erkennbaren in unserm irdischen Wasserstoffspektrum (und einer dunklen im Sonnenspektrum) entspricht, aber ein ganz klein wenig nach dem Rot hin verschoben ist, so dürfen wir den Schluß ziehen, daß dieser ferne Fixstern sich in der That mit einer reißenden Geschwindigkeit von unserm Sonnensystem, also auch von der Erde, entfernt. Aus den bekannten Größen: der Geschwindigkeit des Lichtes überhaupt pro Sekunde, der Wellenlänge der betreffenden Linie im Wasserstoffspektrum und der Verminderung der Brechbarkeit des Sternlichts an der Stelle der Linie ergiebt sich dabei sogar eine direkte Ziffer für die Meilen der Entfernung pro Sekunde, von der bloß noch die Eigenbewegung der Erde abgezogen werden muß.

Den ersten Anstoß zu der Entdeckung gab Doppler 1843. 1867 versuchte Huggins auf Grund der Linienverschiebungen im Spektrum schon solche wirklichen Zahlenangaben für die Geschwindigkeit der Sternbewegungen herauszurechnen. Er fand für Sirius 45 Kilometer Entfernung pro Sekunde, diese ersten Resultate waren aber ganz unsicher. Glänzende Erfolge scheinen sich erst in unseren Tagen mit Hilfe der Photographie anzubahnen. Auf der Lick-Sternwarte in Nord-Amerika, einem Weltwunder unserer Tage, auf das ich weiter unten noch eingehender zurückkomme, ist es denn James E. Keeler gelungen, im Sommer 1890 grade für Nebelflecke auch zum erstenmal zu wenigstens annähernden Resultaten zu gelangen. Es ergaben sich für zehn untersuchte Bewegungen in der Gesichtslinie solche von 1,7 Kilometer pro Sekunde bis zu fast 58,5 Kilometern; die eine Hälfte der Nebel kommt auf uns zu, die andere weicht zurück.

Die zuletzt erwähnten Untersuchungen zur Naturgeschichte der Nebelflecke führten in ihren Resultaten schon unmittelbar auf die Gegenwart. Und es erübrigt nunmehr nur noch eines Erfolges zu gedenken, der parallel dazu wieder von seiten des direkten Erfassens der äußeren Gestalt dieser wunderbaren Himmelszeichen in allerneuester Zeit gemacht worden ist.

Eine verschollene Begeisterungsstunde aus der Geschichte der Erfindungen taucht dabei auf: der Moment des 10. August 1839, da der gewaltige Physiker Arago mit der Leidenschaftlichkeit seines südlichen Temperaments der Akademie der Wissenschaften und Künste zu Paris die Erfindung des ersten photographischen Verfahrens durch Daguerre und Niépce mitteilen durfte. „Ein Geschenk für die ganze Welt“ nannte er den herrlichen Fund. Und es war Arago selbst, der sogleich auch die Ahnung aussprach, es möchte mit diesem „Geschenk“ der Chemie auch eine neue Epoche für die Astronomie anbrechen.

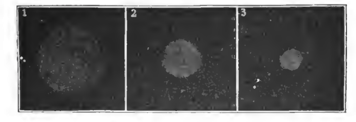
Es hat lange gedauert, bis es dahin gekommen ist, aber recht hat er doch behalten. Daguerre selbst machte sich noch ans Werk, den Mond zu photographieren, doch die schwachen Mittel des Anfängers gaben noch keinerlei

wissenschaftlich brauchbares Resultat. Ein paar Amerikanern glückte es schon etwas besser. 1850 erschien der hellste Fixstern im Sternbild der Leier, die Wega, auf einer Daguerre-Platte des Astronomen Whipple am Havard-College in Amerika. Zwei Jahre später erhielt der englische Beobachter Warren de la Rue mit Hilfe des damals neuen Kollodionverfahrens bereits sehr schöne Mondphotographien. Aber im ganzen war die Empfindlichkeit auch der Kollodionplatten nicht stark genug, und eine größere Expositionsdauer vertrugen sie des raschen Eintrocknens wegen vollends nicht, so daß die kleineren Himmelsobjekte außer Sonne und Mond vorerst von allen Erfolgen ausgeschlossen erscheinen mußten. An das Photographieren eines so lichtschwachen Wölkchens, wie ein Nebelfleck es darbietet, war überhaupt nicht zu denken. Der nachhaltige Eifer indessen, mit dem aus rein praktischen Gründen die Methoden der Photographie stets aufs neue durchgeackert und verfeinert wurden, lieferte schließlich (seit 1873) in den ebenso dauerhaften wie lichtempfindlichen Platten des Bromsilber-Gelatine-Emulsionsverfahrens ein so durchschlagend verbessertes Material, daß nunmehr selbst dieses äußerste Wunder zur Wirklichkeit werden konnte. Im September 1880 gelang es einem unermüdlichen Amerikaner, Henry Draper, auf seiner Privatsternwarte in Hastings am Hudson nach langem Experimentieren endlich wirklich, den großen Orion-Nebel auf die Platte seines Apparats zu bannen. Die Brüder Henry an der Pariser Sternwarte, Common in London und Roberts in Liverpool vervollkommneten dann durch eigens zu photographischen Zwecken konstruierte Teleskope das Errungene noch so



Der sogenannte Crab-Nebel (Krebs-Nebel)
im Sternbild des Stiers (vergl. S. 282),
benannt nach seiner Ähnlichkeit mit dem Umriß eines Krebses.

sehr, daß eine umwälzende Epoche von dieser Hilfskunst aus sich allen Ernstes in der Astronomie anzubahnen begann oder besser wohl beginnt, da wir inmitten der ersten Resultate grade heute stehen. Die auf das Äußerste denkbarer Lichtempfänglichkeit gesteigerte Platte fixiert nämlich nicht nur in einer unanzweifelbaren, allen Selbsttäuschungen und Hinzudichtungen des Zeichners entrückten Weise das, was sie empfängt, sondern sie „sieht“ thatsächlich mehr als unser menschliches Auge. Sie ist weit zugänglicher als dieses für die blauen und violetten Strahlen des Lichtes, bis zu den Strahlen jenseits des Violetten im Spektrum, die wir mit Augen überhaupt nicht mehr zu sehen vermögen. Und sie sammelt außerdem die Lichtwirkung, indem sie bei verlängerter Expositionsdauer allmählich auch ganz minimale Wirkungen sich zu schließlich brauchbaren,



Drei sogenannte planetarische Nebel.

für uns auf der Photographie nachher deutlich sichtbaren Lichtbildern summieren läßt. Man betrachte hintereinander die drei Ansichten des Andromeda-Nebels auf S. 242, 243 und 244, und man wird sich eine Vorstellung davon bilden können, was der letztere Punkt — die größere Lichtempfänglichkeit — bedeute im Bunde mit dem Ersatz für das Subjektive und Trügerische einer Zeichnung. Die Trouvelot'sche Darstellung war in ihrer Art schon ein Meisterwerk. Und doch hat die Photographie eigentlich erst enthüllt, was der Beobachter hätte sehen sollen. Nicht minder lehrreich ist die Entwickelungslinie in den vier Ansichten des großen Nebels im Sternbild der Jagdhunde auf Seite 263, 22, 264 und 265. In diesem Falle hatte man früher die Wahl zwischen einer alten Zeichnung John Herschels, die ein im Sinne gangbarer Theorie fast verdächtig korrektes Ringsystem zeigte, und einer anderen, mit dem Riesenteleskop Lord Rosse's gewonnenen, die eine höchst seltsame Spirale wies. Diese Spirale war nur in den gewaltigsten Fernröhren zu erblicken, und selbst in dem 27zölligen Wiener Refraktor zeigte sie sich, wie die nächste Darstellung aus Vogels geschickter Hand sehr gut vorführt, nur eben angedeutet. Die erste Photographie aber, angefertigt vor einem bloß 10¼zölligen Spiegelteleskop, erhebt die Spiralform nicht nur über jeden Zweifel, sondern sie giebt auch zugleich noch

Details der allerwertvollsten Art, gegen die gehalten, nach den Worten des Verfertigers, Eugen von Gothard, selbst die erste Vogel'sche Zeichnung sich nur „wie eine Skizze" ausnimmt. In der Plejadengruppe haben die ersten von den Gebrüdern Henry angefertigten photographischen Aufnahmen unmittelbar sogar zur Entdeckung neuer Nebel geführt, deren teilweise Auffindung mittelst der besten Instrumente dann in der Folge auch für das Auge gelungen ist.



Die Lick-Sternwarte auf dem Mount Hamilton in Nord-Amerika.
4209 Fuß über dem Spiegel des Stillen Ozeans.

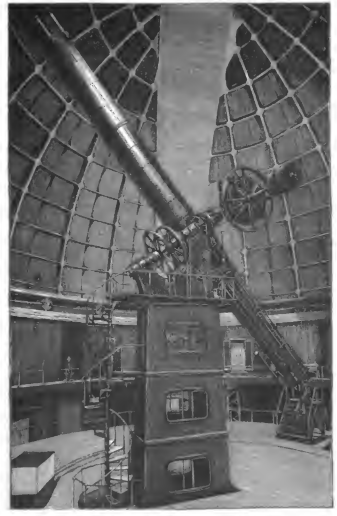
Wir haben im vorausgehenden die drei wesentlichsten Wege verfolgt, die zu unserer gegenwärtigen Kenntnis der Nebelflecke führen: Vervollkommnung der Fernrohre, Ausbildung der Spektral-Analyse und Heranziehung der photographischen Technik. Alle drei Methoden arbeiten einander in die Hände: der Beobachter am Spektroskop bedarf des besten Teleskops, um zu sehen, was er sehen will, — das Teleskop ist für wichtige Gebiete ganz unzulänglich und findet seine Ergänzung dann allein im Spektroskop, — die Platte des Photographen endlich entlastet nicht nur den Zeichner vor dem Teleskop, sondern sie fixiert auch das Spektrum selbst mit all seinen Linien. Eine ideale Sternwarte, wie die Zeit sie braucht, muß heute entsprechend auch alle drei Methoden in ihrem besten Instrument vereinigen. Den Gipfelpunkt dessen, was im Moment an solcher Vereinigung zu leisten war, verkörpert die seit kurzem thätige Lick-Stern-

warte auf Mount Hamilton in Nord-Amerika. Ein paar Angaben über dieses Wunderwerk mögen einen Begriff davon geben, was — bei den nötigen Geldmitteln, die leider unsere viel belobte Kultur heute noch in keiner Weise ausreichend für die hohen Zwecke der Wissenschaft in Fluß zu halten weiß — thatsächlich die Astronomie noch von einer begünstigteren Zukunft erwarten darf. Die Details gehören, abgesehen von ihrem Reiz ganz allgemeinster Art, deshalb noch besonders grade in diesen Zusammenhang, als die nächsten wesentlichen Erweiterungen unserer Kenntnis von den Nebelflecken zweifellos eben von der Lick-Sternwarte zu uns kommen werden. Glänzende Anfänge liegen bereits vor. Und wo wir bei mangelnder Prophetenneigung noch nicht selbst die Kette der Leistungen, die sich anschließen, heute überschauen und verwerten können, da ist es doch angemessen, wenigstens das Haus zu schildern, auf dem die Zukunft steht.

Ein armer Orgelbauer aus Pennsylvanien, James Lick, macht in dem wüsten Märchen des amerikanischen Geschäftslebens sein Glück und hinterläßt 1876 in San Francisco ein Vermögen von drei Millionen Dollars — für gemeinnützige Zwecke. 700000 Dollars dienen der Realisierung eines astronomischen Traumes, der seit langer Zeit hoffende Forscherseelen umgaukelt hatte, ohne daß jemand auf Erfüllung hoffte: — dem Bau einer Sternwarte mit allen höchsten technischen Vervollkommnungen der Neuzeit hoch oben in der klaren Luft eines Gebirgsgipfels, 4209 Fuß über dem Spiegel des stillen Ozeans. Heute ist das Werk vollbracht im ganzen Umfang der edeln Absichten seines Gründers, den eine Welt, wie die von heute, vielleicht noch mit dem zweifelhaften Beiwort eines „Sonderlings" taxiert, ob wohl ein solcher Mann seinen Empfindungen nach als der Normalmensch in einer wahren Kulturepoche gelten müßte. Unter dem Pfeiler des großen Refraktors der Sternwarte liegt Mr. Lick begraben, — ein Platz, gewiß so ehrwürdig wie Darwins Gruft in Westminster oder Rafaels im Pantheon zu Rom.

Sechs Astronomen bewohnen mit ihren Familien und Unterbeamten gegenwärtig das weltabgeschiedene Observatorium. Eine Wegstrecke von 26 englischen Meilen trennt den Berggipfel von der nächsten Station der Eisenbahn, die nach San Francisco führt. Die eigentliche Spitze des Berges ist in eine Plattform verwandelt, auf der sich als monumentaler Mittelpunkt des Ganzen die gewaltige Kuppel zum Schutze des Haupt-Fernrohrs erhebt. Bei einer Höhe von 75 Fuß und einem Gewicht von 90262 Kilogramm ist diese Kuppel doch mit Hilfe von Wasserkräften, für die große Reservoire auf umliegenden höheren Bergkuppen sorgen, in acht Minuten um 360 Grad drehbar. Ein Teil des Kuppelfußbodens von 60 Fuß Durchmesser kann mit dem darauf stehenden Beobachter in nicht ganz acht Minuten durch 16½ Fuß auf und ab bewegt werden, wobei vier hydraulische Pressen in Thätigkeit treten. Diese Beweglichkeit des Bodens ist von besonderem

Vorteil für den Astronomen bei der Verwertung des ungeheuren Refraktors für photographische und spektroskopische Zwecke. Das Objektivglas dieses Refraktors mißt 36 Zoll Öffnung bei annähernd 17 Meter Brennweite und ist ein Prachtstück der Technik aus der Werkstatt von Alvan Clarke



Der große Refraktor der Lick-Sternwarte in Nord-Amerika.

in Cambridgeport. Durch Vorschrauben einer Linse von Crownglas wird das Teleskop ohne jede Mühe nach Bedarf in eine photographische Camera von 33 Zoll Öffnung bei 45 Fuß Fokallänge verwandelt. Soll es dagegen spektroskopischen Zwecken dienen, so ist zu dem Zwecke das Okular-Ende des Rohrs mit einem drehbaren Panzer umgeben, an dem sich zwei lange Messingstäbe als Träger eines Spektroskops von einzigartiger Vollkommenheit befestigen lassen, dessen Spalt durch Drehung des Panzers ohne jede Gefahr der Erschütterung nach Wunsch auf das Objekt eingestellt werden kann. „Das ganze Fernrohr hat demgemäß", wie der Direktor des Observatoriums, Professor Edward S. Holden, dessen eigenen Angaben die meisten der hier mitgeteilten Ziffern entnommen sind, sich ausdrückt, „drei verschiedene Längen, das optische Instrument ist 56 Fuß, das photographische 49 Fuß lang, während das Fernrohr in Verbindung mit dem Spektroskop etwa 62 Fuß Länge erhält". Bei solcher Sachlage war die Beweglichkeit des Bodens, auf dem der Beobachter sich befindet, eine Notwendigkeit.

Welche Stärke der Refraktor besitzt, läßt sich an einer sehr einfachen Stichprobe messen. Zu den größten Triumphen modernen „Sehens" gehört die 1877 im 26zölligen Refraktor zu Washington geglückte Entdeckung der beiden winzigen Monde des Planeten Mars. Und doch hat sich sogleich erwiesen, daß die Gläser des Lick-Refraktors noch Himmelsobjekte zeigen müssen, die sechsmal lichtschwächer sind, als jene Monde damals bei ihrer Entdeckung waren. Der „Leviathan" des Lord Rosse ist — was sich grade bei Nebelflecken-Studien, auf die ich noch zurückkomme, gezeigt hat — durch dieses Rohr überboten, — wobei natürlich die überaus günstigen atmosphärischen Bedingungen der Sternwarte an sich (drei Viertel des Jahres herrscht nahezu die gleiche ungestörte Heiterkeit des Himmels!) nicht vergessen werden dürfen.*)

Wir haben uns im voraufgehenden mit den technischen Mitteln einigermaßen vertraut gemacht, die zur Enträtselung der Nebelflecke der Reihe nach angewendet worden sind. Eine Anzahl direkter Aufschlüsse oder Be-

*) Trotz solcher Gunst der Dinge für die eigentliche Beobachtung war übrigens das Los der ständig dort oben ansässigen Forscher anfangs ein außerordentlich unbehagliches, das allen Mut der edelsten Hingabe forderte. Der Winter beschwor fast die Schrecken einer Station am Eispol herauf. Die Häuser versanken wie Eskimohütten im 4 Meter hohen Schnee, den die wildesten Stürme emportürmten. Die Kuppeln froren ein und spotteten aller Bewegungsmechanismen. Windstöße sausten an mit einer Schnelligkeit von über 150 Kilometern in der Stunde und zerbrachen 5 Centimeter dicke eiserne Stützen. Jeder Verkehr mit der Außenwelt erlahmte. In den bewohnten Räumen aber herrschte vielfach eine Temperatur, die nicht über den Nullpunkt heraufzubringen war, so daß das Wasser auf den Eßtischen und auf der photographischen Linse, wenn sie gewaschen werden mußte, gefror. Die Heizung versagte, weil der Sturm die Kaminflammen

richtigungen ursprünglich falscher Vermutungen über Gestalt, Bewegung und chemische Beschaffenheit dieser fernen Lichtwolken im All sind dabei von selbst schon in den Rahmen der Betrachtung geraten. Hier im einzelnen ergänzend, mag sich nun eine *kurze Musterung der wichtigsten Objekte selbst* anschließen, wie sie der neueste Stand unseres auf Grund jener Technik gewonnenen Wissens darstellt. Sie mag das Gesamtbild erst noch recht rund machen, ehe die eigentliche *entwickelungsgeschichtliche Spekulation* zu Worte kommt; ist diese doch auf solchem wahrhaften „Nebel-Gebiet“ trotz des hohen Interesses, das sich gerade an die — für *unser* Denken! — anscheinend ursprünglichsten Zustände des weltbildenden Stoffes knüpft, schmaler und schwankender als irgendwo, während die Fülle der im Teleskop erschauten wirklichen Gestalten so anmutig und reich ist wie in wenig anderen Bereichen der sichtbaren Natur. Gegenüber den Fixsternsonnen, deren Funkeln jede klare Nacht über uns enthüllt und deren Glanz schon in das Auge des nackten Wilden im Urwald wie etwas uralt Bekanntes und Vertrautes fällt, regt es sich hier, im tiefsten Purpurschoß des großen Himmelsozeans, von barocken Formen vieldeutigster Art, — dem Auge, das an die Kugeln der Sonnen, Planeten und Monde gewohnt ist, so überraschend fremd, wie dem Landbewohner die farbentrunkne, aber jede bekannte Regel der Körpergliederung verspottende Märchenpracht der Pflanzentiere und Stachelhäuter im durchsichtig blauen Meeresgrund.

Viele tausend Nebelflecke zählt der Astronom schon heute, wo die Photographie doch erst eben eingesetzt hat und die Riesensternwarten Amerikas noch kaum ihr erstes Wort gesprochen haben. Ihre physische Beschaffenheit, an deren Ergründung die Spektral-Analyse arbeitet, ist eine sehr vielartige, wie ich schon oben angedeutet habe. Nicht minder aber *schwankt die Form*. Und eine Reihe großer Gruppen läßt sich aufstellen, von denen einige sich ebenfalls schon als gelegentliches Wort in unsere Erörterung eingeschmuggelt haben, ohne daß die rechte Erklärung hinzutrat. Man spricht von *Spiral-Nebeln*, von *Ring-Nebeln*, von *planetarischen Nebeln* u. dergl. mehr. Fast jede dieser „Ordnungen“ — oder sind es

zwei bis drei Fuß lang in die Zimmer trieb, und zu diesem Mißgeschick kam anfangs auch noch Holzmangel. Nicht einmal im Sommer blieben die Bedrängnisse aus: die Wasserreservoire wurden trocken, Erdbeben erschütterten die Fundamente des Observatoriums und sprengten Risse in die Mauern. Manchen dieser Übelstände, die auf technische und materielle Mängel hinausliefen, ließ sich für die Folge abhelfen, — allen sicherlich nicht. Dennoch erlahmt den tapfern Amerikanern der Mut nicht, und statt abzustehen, hoffen sie sogar für die Zukunft auf eine *noch weit höher* gelegene Himmelswarte, die in der Sierra Madre auf dem *Wilson Peak*, 1800 Fuß höher noch als die Lick-Sternwarte, errichtet werden soll und ein Refraktor-Objektiv von nicht weniger als vierzig Zoll Durchmesser, das allein 75000 Dollar kostet, erhalten wird, — wobei allerdings vorläufig Problem bleibt, ob man in *solcher* Höhe überhaupt dieses Riesen-Objektiv wird ausnutzen können.

„Klassen“ im Sinne Linné'scher Tier- und Pflanzensystematik, wir wissen es nicht? — enthält einzelne auffällige Prachtobjekte, an denen sich der Typus besonders schön demonstrieren läßt. Beginnen wir unsern Gang durch dieses phantastische Himmelsmuseum, in dem die ganze Erde nur ein fast unsichtbares versprengtes Sonnenstäubchen, das im Lichte tanzt, sein würde, mit dem grandiosesten aller Nebelobjekte überhaupt, dem ungeheuren Funkelgeschmeide



Karte des mittleren, hellsten Teiles im Orion-Nebel.

Nach d'Arrest.

Man vergleiche dazu die Zeichnung Bonds auf S. 245. Die Sterne α, β, γ, δ in der Mitte bilden das sogen. Trapez, darüber ragt das Dreieck der Regio Hugeniana. (Vergl. Text S. 279.)

am sogenannten Schwerte im Sternbild des Orion. Die von mythischen Menschen, Tieren und allerlei Gerät entlehnten Namen unserer Sternbilder haben für die Form der danach benannten Fixsterngruppen wenig Belang und dienen nur, da sie sich einmal Bürgerrecht am wissenschaftlich klassifizierten Himmel erworben haben — mit mehr historischem Glück als astronomischem Verstand! — der oberflächlichen Orientierung. In Wahrheit schieben sich in ihnen Sterne der verschiedensten Entfernung rein perspektivisch nebeneinander, und in gleicher Weise können Nebelflecke mitten zwischen sie geraten, die, wenigstens im Sinne einer vorläufig nicht widerlegten Hypothese, thatsächlich gar nicht innerhalb unserer Fixstern-

masse, zu der die Sonne gehört, stehen, sondern selbständige, zum Teil ungeheuer weit entfernte Weltsysteme von ähnlichen Dimensionen wie diese darstellen, von denen aus gesehen unser ganzes Fixsternsystem umgekehrt wieder bloß als fernes Wölkchen oder, günstigsten Falls, als eng gedrängter, rings-, linsen- oder kugelförmiger Sternhaufen erscheinen würde.

Es ist immerhin rein malerisch — und wer gedächte bei solchem Stoff nicht auch der ästhetischen Herrlichkeit des Alls! — ein schönes Zusammentreffen, daß der eigenartigste Nebelfleck des Nordhimmels sich projiziert im Herzen des unbestritten großartigsten unter unsern Sternbildern. Der Orion-Nebel, den die Zeichnung nach G. P. Bond auf S. 245 mit größter heute zu erzielender Genauigkeit wiedergiebt, vertritt aufs beste den Typus des ganz wilden, ins Unermessene formlos hinauswogenden Nebels, doch mit gewissen Ansätzen zu einem Aufrollen in Spiralarme. In der Mitte bilden vier helle Sterne auf dunklem Grunde ein Viereck, das sogenannte Trapez. Legentil verglich 1759 das Ganze mit dem offenen Rachen eines Tieres. Andere griffen nach dem Bilde eines Schmetterlings; man könnte auch an einen Polypen mit Fangarmen denken. Aber nichts Irdisches scheint auch nur zu gröbster Symbolik diesem Ungetüm der Weltentiefe wirklich gewachsen. „Keine bloße Beschreibung" sagt Klein, „vermag auch nur eine entfernte Vorstellung von der wundervollen Mannigfaltigkeit der Gestaltung und Schattierung des Nebelduftes zu geben, wie sich derselbe in starken Fernrohren dem forschenden Blick darstellt." D'Arrest hat nach langen Studien in den Wintern von 1865 bis 71 (mit einem 10½zölligen Refraktor) von dem mittleren Teil des Nebels eine förmliche Karte zu entwerfen versucht, die, wie schwankend auch die fixierten Umrisse noch sein mögen, immerhin ein Bild giebt, welche Fülle der Details hier künftig zu unterscheiden sein wird, — Details allerdings, die möglicherweise am Objekte selbst beständig im Flusse sind. Denn wiederholt ist schon die Vermutung aufgetaucht, daß es in der Nebelmasse sichtbarlich gäre und Wandlungen der Umrisse, Ballungen zu festeren Centren innerhalb des Ganzen sich vollziehen. Sicheres steht bei den zahlreichen Täuschungsmöglichkeiten darüber noch nicht fest. Aber die Spektralanalyse hat jedenfalls den Beweis geliefert, wie viel Unerwartetes sich hier allenthalben noch bergen kann. Auf dem von d'Arrest gezeichneten Kärtchen gewahrt man eine Stelle, die als Regio Hugeniana (Huygens zu Ehren benannte Gegend) bezeichnet ist. Sie türmt sich über dem dunklen Fleck mit den vier großen Trapezsternen dreieckig in sehr hellem Glanze als eigentliches Centrum des Nebels empor und macht mit Secchi's Wort, „den Eindruck von stark leuchtenden, pyramidenförmig aufgehäuften Baumwollflocken". In dieser Gegend hatte man begonnen, den Lichtdunst durch sehr große Teleskope in ein Gewimmel von sternartigen Punkten aufzulösen. Die Prismen des Spektroskops haben aber gelehrt, daß es sich in Wahrheit auch hier nur

genau so wie bei den anderen, in grünem Duft formlos zerfließenden Teilen des Nebels um echte Gasmassen handelt. Sie müssen sich bereits in einzelne große Gaskugeln aus glühendem Wasserstoff (und Stickstoff?) gesondert haben, ohne daß aber deshalb von echten, sonnenartigen „Sternen“ die Rede sein könnte. Anders steht es mit den vier (oder bei genauerem Studium sechs und mehr) Sternen, die das Trapez (α, β, γ, δ) zusammensetzen. Hier weist das Spektroskop ein kontinuierliches Sternspektrum. Gehören diese Sterne aber überhaupt zu dem Nebel? Oder hat auch sie nur ein launiger perspektivischer Zufall gerade vor das dunkle Loch im Orionnebel gestellt, der vielleicht in Wahrheit so weit dahinter steht, daß sein Licht lange Jahre braucht, um bis in die Nähe dieser echten Fixsternsonnen zu gelangen? Secchi war schon zu dem sehr merkwürdigen Resultat gekommen, daß der scheinbar dunkle nebelleere Raum der „Lücke“ in Wirklichkeit auch mit glühendem Nebelgas erfüllt sei, — dicht neben dem kontinuierlichen Spektrum der Trapezsterne erschienen farbige Gaslinien, so daß die Dunkelheit nach seiner Ansicht nur für das Auge als Kontrastwirkung der Sternenhelle entsteht. Und die neuesten photographischen Aufnahmen durch Huggins (1888), bei denen die intensivsten hellen Linien sich dicht bei Trapezsternen fanden, von da aus aber sich allmählich verloren, scheinen der Vermutung allerdings Boden zu geben, daß diese Trapezsterne doch auch physisch und nicht bloß optisch mit dem Nebel verbunden sein könnten. Huggins denkt an direkte Verdichtungen aus der Nebelmaterie. Das Gesamtbild des Nebels würde so ein noch wunderbareres, man hätte gleichsam die verschiedensten Stufen auf einem Fleck — vom losesten Dunst bis zu echten Sonnen.

Ganz unregelmäßige, echt wolkenartig zerfließende Nebel von der Art des Oriondunstes bietet der Himmel eine ganze Anzahl. Zumal auf der Südkugel der Erde drängen sie sich zum Teil schon dem bloßen Auge auf. Die Urteile der Reisenden schwanken darin, welche Himmelshemisphäre schöner sei, die nördliche oder die südliche. Alexander von Humboldt wurde nicht müde, den landschaftlichen Zauber der prachtvollen Milchstraßen-Zone des Südhimmels von den Vorderfüßen des Centauren durch das Sternbild des Kreuzes zur Mitte des lichtstrahlenden Schiffes Argo zu preisen,*) zu deren fernem Glanz sich noch das rätselvolle planetarische Phänomen des milden weißen Lichtkegels des sogenannten Zodiakallichtes und die irdische

*) „Das Licht, welches diese Region ausgießt, ist so außerordentlich, daß ein genauer, in der Tropenwelt von Indien heimischer Beobachter, der Kapitän Jacob, ganz mit meiner vierjährigen Erfahrung übereinstimmend bemerkt: man werde, ohne die Augen auf den Himmel zu richten, durch eine plötzliche Zunahme der Erleuchtung an den Aufgang des Kreuzes und der dasselbe begleitenden Zone erinnert“ (Kosmos III, S. 338).

Erscheinung des von lichterzeugenden Tieren geweckten Meerleuchtens gesellt. Adalbert von Chamisso, der Dichter, der als Naturforscher einst auch alle Zonen durchwandert, urteilte kühler und gab unserm großen Bären und der Kassiopeja den Vorzug — vielleicht allerdings, wie er selbst äußert, nur aus jener „Anhänglichkeit, die der Alpenbewohner zu den Schneegipfeln hegt, die seinen Gesichtskreis beschränken". Aber kein Auge, das sich dem Äquator nahte, ist unempfänglich geblieben für das Wunder der größten Nebelflecke des südlichen Himmelspols, der Magellanischen (Magelhaens'schen) Wolken. Streng genommen handelt es sich bei beiden nicht um einen einzelnen Nebelfleck, — dieser müßte an Dimensionen sonst alles Bekannte ins Ungeheuerliche hinein überschreiten. Als John Herschel, der große Sohn des großen Wilhelm, seine mächtigen Instrumente am Kap der guten Hoffnung auf sie richtete, entdeckte er in ihnen zwei ganze Weltengärten mit Früchten wechselndster Gestalt. Die größere Wolke, erzählt er, sei eine Zusammenhäufung von Himmelsgebilden der verschiedensten Art: Sternhaufen von unregelmäßiger Gestalt hier, dort welche von Kugelform, und dazwischen große Nebel, die das Teleskop nicht aufzulösen wisse. „An keinem anderen Teile des Himmels sind auf einem so kleinen Raume so viele Nebel- und Sternhaufen zusammengedrängt, wie in dieser Wolke." 582 Einzelsterne, 46 Sternhaufen und 291 Nebelflecke unterschied er allein in der großen, und in der kleinen entsprechend 200, 7 und 37.



Die große Magellanische Wolke.
Ein Gemisch aus einzelnen Fixsternsonnen, Sternhaufen und Nebelflecken am südlichen Himmel.

Auch der auf S. 282 wiedergegebene, netzartig verzweigte Nebel im Sternbild des Goldfisches (an der Zenithspitze des Bildes kreist die große Magellanische Wolke) gehört diesen Wundern des Südhimmels an. Bei ihm wie beim Orionnebel überraschen seltsame, mehr oder minder spiralig sich loswindende Arme an den Grenzen der zerfließenden Dunst-Materie. Und es ist, als zeige sich hier eine Tendenz schon nach einem zweiten, sehr charakteristischen Nebeltypus hin: dem der echten Spiralnebel.

Im Sternbild des Stiers, dort nicht weit, wo (nahe den Plejaden) in der zu einer römischen V gegliederten Gruppe der Hyaden der große rote Doppelstern des Aldebaran strahlt, offenbart sich im Teleskop eines der prachtvollsten Nebelobjekte der sichtbaren Welt. Messier beschrieb es

als weißliches Licht von der Gestalt einer emporlohenden Kerzenflamme. Im Parsonstowner „Leviathan" wuchsen dann aus dieser Flamme verästelte Arme hervor, die Lord Rosse zu der Bezeichnung als Crab-Nebel (Krebsnebel) führten. Auch hier ist ein deutlicher Ansatz zur Loslösung spiraliger Bogen unverkennbar. Und vollends wie eine einzige riesige, von einer verlorenen Centralmasse losgeschleuderte und teilweise auseinandergerollte



Netzartiges Nebelgewölk im Sternbild des Goldfischs.
Auf der südlichen Halbkugel sichtbar.

Spirale erscheint der im Sternbild des Sobieski'schen Schildes dem Beobachter — vielleicht in irgend einer optischen Verzerrung — entgegenragende Omega-Nebel. Die große Ähnlichkeit mit dem griechischen Buchstaben Omega (ein Hufeisen ist ungefähr ebenso gut als Bild) hat die Bezeichnung veranlaßt. Im Spektroskop giebt der wunderliche, wie eine leuchtende kosmische Schlange sich heranwindende Geselle, den man seiner Form nach kaum noch als Nebel„fleck" mit aufzählen kann, ein echtes Gasspektrum.

Das wundervollste typische Beispiel des echten Spiralnebels aber glänzt im Sternbild der Jagdhunde. Die Jagdhunde (als Sternbild nicht zu verwechseln mit dem großen und kleinen Hunde, in denen Sirius

und Procyon funkeln!), Asterion und Chara mit ihren mythologischen Namen, begleiten den Bootes, den Bärenhüter, der selbst wieder den Bären am Himmel getreulich nachgeht. Im Winkel, da Bootes, der nördliche der Jagdhunde und der Schweif des großen Bären (oder, was dasselbe, die Deichsel des Wagens) zusammenstoßen, ganz dicht bei dem dritten, entferntesten Deichselstern, fand Messier am 13. Oktober 1773 den Nebel, von dessen Schicksalen in den Händen der Zeichner und Photographen ich schon oben einiges erwähnt. Der alte Herschel, der so viel über die Natur der Nebelflecken spekuliert hatte, wußte noch nicht sicher, ob es solche Spiralnebel gebe. Dieser in den Jagdhunden erschien ihm als ein Centralnebel mit einem Hof und einem kleineren Begleiter. Bei John, dem Kapfahrer, kam dann das schöne Ringsystem auf S. 263 — irrtümlich! — zu stande, recht wie gemacht für die Anhänger der Theorie, daß kreisende Planeten sich zuerst als Ring vom Äquator ihrer Centralsonne ablösten, um dann erst zu frei rotierenden Kugeln sich aufzurollen. Im Frühjahr 1845 enthüllte endlich der „Leviathan" Rosse's die echte Spirale, bei deren Zeichnung der Lord allerdings wohl die Abrundung und symmetrische Durchbildung etwas übertrieben hat, so daß den Zeichnern nach ihm und endlich gar der Photographie noch ein reiches Feld zu Korrekturen offen blieb. Die Schneckenform hat sich aber auf alle Fälle nur immer energischer bewährt. Man erwehrt sich, wenn man diese letzten Darstellungen durchmustert, schwer der Idee, daß eine aufs höchste gesteigerte Umdrehung einer riesigen Gasmasse um ihre Achse zu einem Losfliegen der äußersten Teile geführt habe. Indessen hat wiederum das Spektroskop gerade an dieser Stelle allzu hochfliegenden Hypothesen wenigstens insofern eine Schranke gesetzt, als es nachweist, daß dieser Nebelfleck ein kontinuierliches Spektrum zeigt, also wahrscheinlich schon gar nicht mehr eigentlich Gas in hoher Erhitzung enthält, sondern in allen seinen tollen Schneckenwindungen und Knoten ein ungeheures System zahllos-gedrängter Sonnen zeigt. Welche Kraft, falls es sich um Sterne im Nebel selbst handelt, diese in Spiralen gruppiert und — anscheinend — vom Hauptcentrum wirbelartig wegtreibt, muß vorläufig absolut dunkel bleiben, und uns giebt sich als Thatsache nur das Monumentale des einzigartigen Bildes. „Es ist" sagt Klein, „ein jedes Fassungsvermögen übersteigender Gedanke an die Großartigkeit dieses Weltgebildes, in welchem zahllose Sonnen gleich Tropfen in einem Strome spiralförmig um ein Centrum gruppiert erscheinen."

An einer Stelle tief an der Grenze unseres Nordhimmels, die seit alters ganz besonders reich mit Mythen der Völker umgoldet gewesen ist als Zugabe zu ihrem natürlichen Glanz: im großen Sternbild der Jungfrau (oder, einst in Ägypten, der Isis) dämmert zwischen zwei- und dreifachen Systemen farbiger Doppelsterne eine ganze Fülle vielgestalteter Nebelwolken. Und auch hier wirft einer als echtes Muster seine Feuerarme

in wilder Spirale um sich her, wie das Bild auf S. 267 nach Rosse's Zeichnung es wiedergiebt. Bizarrer aber noch als beide voraufgehenden scheint ein Nebel zu sein, der im Sternbild des Cepheus schwebt. Das Sternbild selbst ist schon an Wundern überreich. Grüne und blaue Doppelsterne durchziehen miteinander den Raum. Abwechselnd stärkt und vermindert aus geheimnisvoller Ursache der „Granatstern", der am intensivsten selbst für das unbewaffnete Auge rot leuchtende Fixstern des Nordhimmels, seinen



Spiralförmiger Nebel im Sternbild des Cepheus.

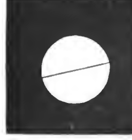
Glanz. Aus einem Gewimmel gehäufter Sternchen und Nebelflocken glüht ein anderer Einzelstern wie ein fernes Auge orangerot herauf. Inmitten all dieser erlesenen Pracht aber reckt sich, falls Rosse's Zeichenstift nicht hier mit allzu viel Phantasie gearbeitet hat, das tolle Gebild, das nebenstehend die Verwunderung des Beschauers wecken wird. Fast ist es hier, als rissen sich schon einzelne Kugeln — Sonnen, Planeten? — aus der zerflatternden Spirale los. Es mag aber, sobald die Spekulation sich vor solchem Gestaltenwunder allzu eifrig regen will, doch mit Secchi daran gemahnt sein, daß auch in den schönsten älteren Figuren der Herschel, Rosse, Lassel u. a. „häufig Übertreibungen der Lichtabstufungen vorkommen", so daß „manche derselben wahre Verzerrungen sind". Tempel hat in neuester Zeit noch wieder besonders nachdrücklich betont und an Beispielen gezeigt, wie leicht der Beobachter geringe Andeutungen besonders interessanter und regelmäßiger

Formen (Ringe, Spiralen u. s. w.) unwillkürlich zu wirklich geschlossenen und die Spekulation anfeuernden Gestaltungen umphantasiert. Hier ist die Photographie der kompetente Richter, denn die Platte „denkt“ nicht. Und in diesem Sinne ist von unsern Spiralbildern ganz streng beweisend vorläufig nur der Nebel in den Jagdhunden.



Der Planet Saturn mit seinen Ringen und Monden.
Man sieht die Ringe etwas von oben, in ähnlicher perspektivischer Lage wie das Weltsystem im Nebelfleck der Andromeda auf S. 241.

Zu der Schwierigkeit, ganz unbefangen das Gesehene wiederzugeben, kommt übrigens noch ein zweiter Punkt, der das Erkennen der wahren Gestalt aller Nebel bedroht. Es ist die Art, wie das Nebelgebilde sich oft perspektivisch zu uns stellt. Die zu Irrungen leitende falsche Projizierung zwischen wahrscheinlich sehr viel näher stehende Fixsterne habe ich bereits erwähnt. Aber auch das ist aufs höchste von Belang, ob wir senkrecht von oben oder unten gegen die Vollseite etwa eines flachen kreis- oder spiralförmigen Nebelkörpers schauen, oder ob er uns, bei mehr schräger Stellung, verschmälert und verzerrt, oder, bei reiner Seitenstellung innerhalb derselben Ebene, bloß als Streifen erscheint. Die Phasen des Saturn-Ringes innerhalb unseres eigenen Sonnensystems bieten hier einen guten Anhaltspunkt für die Verschiedenheit des Bildes — je nachdem der Ring wie eine dünne Linie vor dem Planeten steht oder, teilweise von oben betrachtet, als breite Schleife die Kugel umfaßt. Es ist nützlich, sich das grade recht einleuchtend zu vergegenwärtigen beim Übergang zu einigen Nebeltypen, die offenbar ein solches schräges Bild liefern, wobei man sich denn den Kopf zerbrechen mag, ob, bei senkrechtem Blick von oben, das Ganze sich als



Der Planet Saturn in völliger Profilstellung zur Erde.
Die Erde steht genau in der gleichen Ebene wie seine Ringe. Entsprechend gewahrt man das breite Ringsystem bloß als dunklen Strich vor der Scheibe.

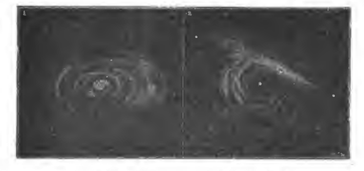
Spirale nach dem Beispiel der Jagdhunde, oder als ein System konzentrischer Ringe, die einen Hauptkörper in der Weise wie beim Planeten Saturn umkreisen, zurechtrücken würde. Das merkwürdigste Objekt, das hier in Frage kommt, ist der schon mehrfach im früheren als Beispiel angezogene Nebel der Andromeda. Im März 1848 drang Bond in Cambridge (Nord-Amerika) mit einem 14zölligen Refraktor zum erstenmal in das Geheimnis dieser schönen Nebellinse bis zu einer gewissen Grenze ein. Er



Nebel im Sternbild des Löwen,
wahrscheinlich durch perspektivische Längszerrung aus einer Spirale oder einem Ringsystem nach Art des Andromeda-Nebels für uns in diese Spindelform gebracht.

bemerkte, daß zwei benachbarte kleinere Nebel nur Verdichtungen des weithin fließenden Hauptnebels seien und daß zwei dunkle Linien wie Kanäle die Nebelmaterie durchsetzten. Die Auflösbarkeit des Nebels in Sterne schien ihm zweifellos, da er schon 1500 deutliche Lichtpunkte unterschied. 1874 vervollständigte Trouvelot die Zeichnung Bonds. Am 17. August 1885 flackerte fast genau in der Mitte des Nebels ein neuer Stern auf. Das Spektrum der ganzen Nebelmasse erwies sich als kontinuierliches. Über die dunklen Streifen zerbrach man sich weidlich den Kopf. Secchi schien es „sehr unwahrscheinlich, daß eine solche gasförmige Masse (an einer solchen hielt er trotz des kontinuierlichen Spektrums fest) in Wirklichkeit von hohlen Kanälen durchdrungen sei", es sei viel einleuchtender, wenn man sich denke, „daß es zwei dunkle Zonen nicht leuchtender Materie sind, welche zufällig auf den Nebel projiziert sind." Die Photographie

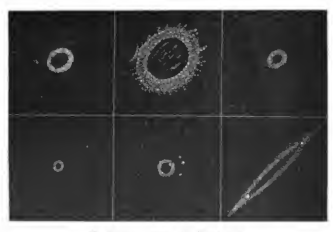
von Roberts hat schließlich dargethan, daß es sich allen Ernstes doch wohl um Lücken im Nebel nach Art der dunklen Trennungslinien in den Ringen des Saturn handelt. Trotz der schrägen Ansicht zeigen sich sehr deutlich solche Ringe, die eine Hauptmasse umgeben, und die beiden kleinen Begleiter, die schon Bond in die Nebelmasse hineingezogen, erscheinen wie zwei erste echte Trabanten, die, ähnlich wie bei Saturn die jenseits der Ringe schwebenden losen Monde, das ganze System umkreisen. „Es ist," sagt Scheiner, „eine thatsächliche Ähnlichkeit mit dem Anblick Saturns vorhanden, auch planetenartige Verdichtungen vervollständigen das Bild eines Nebels, der, vollkommen passend mit der Kant'schen Weltbildungs-



Nebel in den Sternbildern des Löwen und des Pegasus.

hypothese, in der Entwickelung zu einem Sonnensystem begriffen ist." Der Satz spielt auf eine alte, lange vor unserer gegenwärtigen Kenntnis von den Nebelflecken aufgestellte Hypothese an, die uns gleich näher beschäftigen wird und zu deren Gunsten es immerhin vorläufig sprechen mag, daß sie an einer Stelle und für einen Fall sich ziemlich unmittelbar aus einem greifbaren Thatsachenbilde heraus gleich dem ersten Nachdenken aufzudrängen scheint. Ehe wir uns ihr zuwenden, gilt es aber noch eine kurze Umschau über einen Rest wesentlicher Formtypen der Nebel. Dort, wo im Sternbild des großen Löwen die schönsten Doppelsterne des nördlichen Firmaments, eine goldene und eine rotgrüne Sonne, durch die Gesetze der Gravitation zueinander geschmiedet schweben, streckt sich wie eine dünne Spindel der auf S. 286 nach Rosse abgebildete Nebel aus: ein ähnliches Ring- (oder Spiral-?) System wie die enträtselte Linse der Andromeda, das sich uns nur noch in viel stärkerer perspektivischer Längszerrung darstellt. Die vorstehenden zwei Figuren aus dem Löwen und Pegasus weisen entsprechende Typen — hier mehr Ring, dort mehr Spirale, aber beide in besser zum Beschauer geöffneter Stellung.

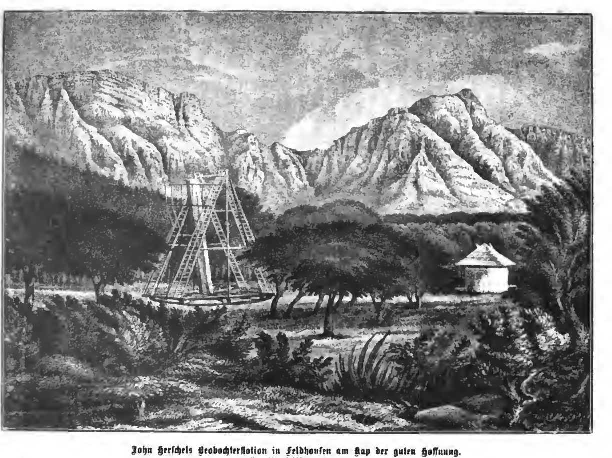
Durch alle diese letzten Gebilde ging eine gewisse Verwandtschaft. Aber es ist gesorgt, daß die Einförmigkeit der Erscheinung, die so leicht zu einseitigen Hypothesen verführt, nicht allzu weit das Gesamtbild beherrsche. Ein wesentlich neuer Typus, zerstreut über vielerlei Himmelsbezirke, taucht im Ring-Nebel auf. Wieder ist es ein anmutiger Fleck des blütenbunten Sternenplans, der uns mit seinem schönsten Vertreter grüßt. Der Blick eines jeden — und war er noch so sehr ortsunkundiger Fremdling im Fixsternreich — hat gewiß schon, auch ohne daß er den Namen wußte,



Verschiedene Formen von Ringnebeln.
Die erste und zweite Figur der oberen Reihe links stellen den auch S. 290 abgebildeten Nebel der Leyer zuerst nach Herschel, dann nach Lord Rosse dar.

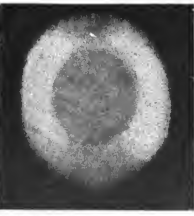
unfern dem Silberschaum der Milchstraße den herrlichsten Stern im Bilde der Leyer, die blauweiße Wega, bewundert, nächst dem Sirius den blinkendsten Edelstein der ganzen nächtlichen Sternenwelt. Im Bannkreis ihrer Strahlen ist ein überreiches Feld kosmischer Wunder aller Art. Hier wechselt wieder ein Stern periodisch sein Licht, strahlt heller und verdunkelt sich wieder. Dort schwebt ein Koloß unter den Weltsystemen, ein doppelter Doppelstern: zwei weiße Sonnen und eine grünliche mit einer bläulichen. Dazwischen aber dämmert hohl wie das offene Thor einer noch viel ferneren, märchenhafteren Zauberwelt ein gewaltiger Nebelring, schon kleinen Teleskopen deutlich als ringförmig geschlossenes Gebild erkennbar.

Als d'Arquier in Toulouse 1779 den Bode'schen Kometen beobachtete, geriet er unvermutet auf diesen seltsamen Fleck. Langsam wuchs dann die Kenntnis, immer schärfer wurden die Bilder, wie eine Vergleichung der obenstehenden Figuren 1 und 2 nach Herschel und Rosse mit der schönen Zeichnung Trouvelots vor dem großen Refraktor von Cambridge in Amerika



John Herschels Beobachterstation in Feldhausen am Kap der guten Hoffnung.
Von ihm selbst gezeichnet.
(Aus Sir John Herschel, Results of astronomical observation made during the years 1834, 5, 6, 7, 8 at the Cape of good Hope, 1847.)

(s. unten) zeigt. Welche neue, geheimnisvolle Kraft hatte diese Nebelmaterie in der Peripherie eines Kreises aufgehäuft und das Centrum entleert? Auch hier begann Rosse mit der Auflösung in Sternpunkte, um dem Geheimnis auf die Spur zu kommen. Als aber der Spalt des Huggins'schen Spektroskops das Licht fing, zeigten sich die Linien glühender Gase, und zwar, wenn auch schwach, sich fortsetzend sogar quer durch den Innenraum; so daß auch für diesen eine schwache Ausfüllung durch feine Nebelstoffe unabweisbar erschien. Scharfe Beobachter wie Secchi sahen denn auch bereits ein feines Sternchen genau im Centrum des dunklen Raumes glimmen, das bei seiner fast genau centralen Lage schwerlich nur wieder einem optischen Zufall seinen Platz verdanken konnte. Jetzt vor kurzem endlich hat die photographische Platte eine thatsächlich vorhandene, nicht eben geringe Nebelmasse in der Mitte nachgewiesen, die unsern Blicken sich offenbar nur deshalb entzieht, weil sie zumeist nur äußerst brechbare, ultraviolette Strahlen aussendet, die unser Auge nicht mehr faßt, während die feiner organisierte chemische Platte sie mit voller Deutlichkeit konserviert. Unser Bild auf S. 288 weist noch ein paar ähnliche Ringgebilde



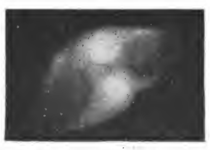
Der Ringnebel im Sternbild der Leyer.

Nach einer Zeichnung von Trouvelot vor dem großen Refraktor zu Cambridge (Nord-Amerika).

Man vergleiche damit die beiden älteren Darstellungen desselben Nebels durch Herschel und Rosse auf S. 288, Nr. 1 und 2.

aus der Nebelwelt, die wir uns, falls die Verhältnisse des einen in der Leyer allgemein maßgebend sind, also durchweg zu denken hätten als ein Gemisch innerer, in unserm Sinne dunkler, d. h. fast nur ultraviolette Strahlen entsendender Stoffe und äußerer, ringförmig darum gruppierter von starker Lichtentwickelung innerhalb der uns sichtbaren Spektralgrenzen. Jedenfalls ist das grobe Bild eines wirklichen „Ringes“ mit hohlem Durchgang jetzt ganz problematisch geworden. „Es ist eine bemerkenswerte Erscheinung“ fügt Secchi noch gelegentlich bei, „daß in allen diesen Ringen die Bogen in der Nähe der kleinen Achse (vergl. das Bild oben) heller sind, als in der Nähe der großen, was (auch) der Annahme zu widersprechen scheint, daß die Gestalt die Projektion eines einfachen Ringes sei.“ Bei einem schönen blauen Ringnebel, nahe dem berühmten der Andromeda, schlingt sich um den oberen Teil noch ein zweiter, verschwommener Halbkreis, der

vielleicht zu den Spiralnebeln überdeutet. Aber noch ist bei der Schwierigkeit der Deutungen auch nur der Ebene, in der sich diese Gebilde uns darbieten, kein Gedanke an einen „Stammbaum der Nebelflecke", der die eine Form in echten Übergängen mit allen anderen verknüpfte. Ganz isoliert zeigt sich im Sternbilde der Vulpecula, des Fuchses, ein wichtiger und viel beobachteter Nebelfleck. John Herschel hat ihn nach der scheinbar zu zwei rundlichen Kolben auseinanderwachsenden Mitte den Dumb-bell-Nebel genannt (Dumb-bell bedeutet so viel wie unser Turner-Ausdruck „Hantel"). Aber der Bau des Ganzen ist mit diesem Bilde nicht erschöpft: es erscheint in Wahrheit eher als mattes Ei, um das sich, mit abnehmendem Glanz in der Mitte, ein heller Lichtgürtel schlingt. Steht uns hier ein Ringnebel in veränderter perspektivischer Stellung, seitlich gesehen, vor Augen? Jede Deutung bleibt dunkel. Das Spektrum giebt, trotz der vielen Sternchen, die vor (oder in?) der Nebelmasse deutlich funkeln, die grüne Linie eines Gases in glühendem Zustande. Die Deutung dieser hellsten, oft im Nebelspektrum allein noch sichtbaren Linie als eine Stickstofflinie ist in neuester Zeit durch Untersuchungen von Keeler (Lick-Sternwarte) und Huggins wieder zweifelhaft geworden. (Vergl. die Berichtigung zu Scheiners „Spektralanalyse der Gestirne" S. 247.)



Der sogenannte Dumb-bell- oder Hantel-Nebel
im Sternbild des Fuchses.

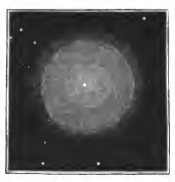
Eine letzte Klasse von Nebelflecken hat man als „planetarische" bezeichnet. Läßt man ein mäßig vergrößerndes Teleskop suchend durch das Sternbild des Schützen wandern, so erscheint zwischen allerlei Nebeln und Sternhaufen wunderlichster Gestalt ein kreisrunder Fleck, blaß, wie wenn der Planet Jupiter durch Wolken dämmerte, — meergrün von Farbe gleich einem Nixenauge. Das ist der Typus eines „planetarischen Nebels". Das Bild auf S. 272 giebt drei einfachste Formen nach John Herschel. Aber so regelmäßig und rätsellos, wie sie hier erscheinen, bleiben auch diese Dunstscheiben nicht, wenn das Teleskop tiefer in sie einzudringen sucht. Wunderliche Strukturverhältnisse zeigen sich, die der Vermutung Raum geben, als handle es sich hier um allerfernste Objekte, die nur infolge dieser Ferne zur einfachen schimmernden Lichtlinse für uns herabgesunken sind. Oder liegt die Sache grade umgekehrt? Die planetarischen Nebel führen nämlich bei genauerer Sonderung noch auf eine Kette seltsamer Dinge. Sie leiten über zu einer Form der Nebelflecke, auf die recht eigentlich

das Wort „Nebelsterne“ paßt. In der Mitte ein Stern wie eine scharf begrenzte Scheibe, ringsum der eigentliche Nebel wie eine verschwommene Atmosphäre, die sich im Raum verliert. In einigen Fällen, da Huggins einen solchen Fleck untersuchte, erschien das grün-blaue Licht gebrochen als Gasspektrum mit den bekannten bunten Linien, vor allem der grünen. Aber mitten dazwischen zeigte sich die Andeutung eines kontinuierlichen Spektrums, und Huggins wurde zu der Vermutung gebracht, daß dunkle Bande in ihm vorkämen und daß es seinen Ursprung aus einer glühendflüssigen oder festen, leuchtenden Substanz des Sternkerns in der Mitte nehmen müsse. Handelt es sich hier also in der That nur um einen Fixstern, der noch eine Nebelhülle wie eine Kappe trägt? Um einen Fixstern vielleicht doch noch unseres Systems, der gar nichts mit den großen, fernen Nebelmassen, die die Theorie gern außerhalb unserer Fixsterninsel in den öden Raum hinaus verbannt, zu schaffen hat? Man darf nicht vergessen, daß auch unsere Sonne, diesen uns zunächst stehenden Fixstern, in engen Grenzen ja eine „Gas-Hülle“ umgibt, deren Wirkung sich in den dunklen Absorptionslinien des Spektrums äußert. Wenn — womit allerdings von neuem das lose Brett einer Hypothese unter unsern Füßen schwankt — ein gewisser unerklärlicher Lichtschein, der selten und matt nur in unserer Zone, unter den Tropen aber besonders zur Zeit der Nachtgleichen fast mit der Pracht des Mondlichts schräg pyramidal am westlichen Horizont sich erhebt, das sogenannte Zodiakallicht, noch ein Teil der Sonnenatmosphäre sein sollte (die Hypothese ist heute so gut wie ganz verlassen!), so wäre geradezu die Annahme geboten, daß eine solche Nebelhülle der Sonne bis gegen die Venus-Bahn hin sich auch heute noch als dünnstes Gewölk ausbreite. Jedenfalls kennen wir in den Kometen Gäste unseres engsten Planetensystems, die zum Teil kolossale Schweife einer gewissen Art von Nebelmaterie hinter sich herziehen, über deren Natur freilich die Meinungen so geteilt sind, wie nur irgend noch gut möglich ist. Eine oberflächliche Formähnlichkeit zwischen einzelnen Kometen und Nebeln ist manchmal gar nicht abzuleugnen. Der schöne Nebel



Kometenartiger Nebel im Sternbild des Schiffs.
Nach John Herschel.

im Sternbild des Schiffs, der auf S. 292 nach John Herschel abgebildet ist, gleicht sehr auffällig einem geschweiften Kometengebilde. Umgekehrt sieht der schweiflose Komet hier unten fast vollkommen wie ein runder planetarischer Nebel mit hellem Centralpunkt aus. Aus reinen Analogiegründen ließe sich also schwer der Annahme beikommen, daß ein Teil wenigstens der planetarischen Nebel uns viel näher stehe als alle andern und mit seinen Dunsthüllen echte Fixsterne umschlossen halte. Ein bemerkenswerter Umstand gesellt sich noch hinzu. Über den ganzen Himmel verteilt finden sich eine Masse von Doppelsternen und mehrfachen Sternen — Fixstern-Sonnen, die eng bei einander stehen und von denen für eine sehr beträchtliche Zahl gegenwärtig als sicher angenommen werden darf, daß sie nicht bloß durch zufällige perspektivische Gründe für unser Auge zu einander gedrängt sind, sondern daß sie wirkliche physische Systeme im Banne des Schwerkraftgesetzes bilden. Nun giebt es eigentümlicherweise aber auch eine große Fülle von Doppel-Nebeln und mehrfachen Nebeln. Unser Bild auf S. 257 zeigt eine ganze Auswahl. John Herschel beschreibt in seinem Generalkatalog, der etwas über 5000 Nebel im ganzen faßt, 229 Doppelnebel, 49 dreifache, 30 vierfache, 5 fünffache, 2 sechsfache, 3 siebenfache und 1 neunfachen Nebel. Handelt es sich nicht hier abermals um eine Analogie, die für die Existenz kleiner, uns sehr viel näher stehender Nebel spricht, die im Begriffe stehen, grade sich zu einem oder mehreren physisch verbundenen Doppelstern-Paaren zu verdichten, — also gewissermaßen Embryonen solcher Systeme darstellen, während der runde planetarische Nebel mit hellem, bereits verdichtetem Kern einen einzelnen Fixstern aus sich hervorgehen lassen will? „Man könnte einwenden," hat schon der alte Vater Herschel betont, der diesen Entwickelungs-Problemen noch verhältnismäßig am unbefangensten (als Erster!) nachging, „die Erscheinung der Duplizität sei nur optisch. In der That, wenn von einem Doppelstern statt von einem Doppelnebel die Rede wäre, so ließe sich der Einwurf hören. Aber hier ist, aus zwei Gründen, der Fall ein anderer. Erstlich können wir uns nicht auf Nebel ohne Zahl und in allen beliebigen Distanzen berufen der Art, daß einer hinter dem anderen stände, wie wir Sterne hinter Sternen annehmen, um die Erscheinung eines Doppelsterns hervorzubringen. (Herschel bezieht sich hier bloß auf die „optischen"



Schweifloser Komet,
der täuschend einem planetarischen Nebelfleck ähnelt.
(Vergl. die Abbildung S. 272.)

Doppelsterne, von denen er selbst die „physischen“ d. h. wirklich zum System verbundenen unterscheiden gelehrt hat!) Dann können wir aber auch nicht, wenn wir uns erinnern, was über die Stufen in der Sichtbarkeit der Nebelmaterie, besonders wenn sie so fein ist, wie in dem beschriebenen Doppelnebel gesagt worden, annehmen, daß die zwei Gegenstände, aus denen er besteht, weit voneinander entfernt seien. Dazu kommt noch die bedeutende Ähnlichkeit in Größe, Zartheit, Klarheit, Kern und nebeligem Aussehen, woraus sich, wie ich glaube, augenscheinlich ergiebt, daß ihren Nebelmassen ursprünglich ein gemeinschaftliches Ganzes zu Grunde lag.“


Die kleine Magellanische Wolke.

Die Frage, die hier angeregt ist, leitet unwillkürlich zu der allgemeinen über, wie weit wir uns überhaupt die Entfernung der Nebelflecke von uns zu denken haben und ob irgend ein Anhaltspunkt zur Messung hier vorhanden sei. Grade Herschel glaubte ja zu sehr sicheren Resultaten gekommen zu sein. Aber die Meinungen schwanken. Je mehr wir uns von der einfachen Bilderreihe entfernen, desto unsicherer wird unser Weg. Wenig später: und wir werden, bei Besprechung der Kant-Laplace'schen Weltbildungshypothese, mitten in einem Wirrsal des Für und Wider uns befinden. So mag denn ein Blick auf das auch schon genugsam verworrene Gebiet der Entfernungsbestimmungen am Schlusse dieses bisher noch annähernd den unanzweifelbaren Objekten folgenden, die Entwickelungsfrage vorläufig offen lassenden Kapitels als rechter Übergang zum luftigen Bereich der Hypothesen flüchtig behandelt sein.

Wie mißt man überhaupt in die Sternenweiten hinein? Wir haben gesehen, wie das Spektroskop anzeigt, ob ein Himmelskörper gradlinig von uns flieht oder auf uns loseilt und daß man sogar die Meilenzahl pro Sekunde danach berechnet hat. Aber das giebt noch keine Brücke zur absoluten Entfernung überhaupt, so wenig wie die relativen Verhältniswerte des dritten Kepler'schen Gesetzes ohne die positive Handhabe eines einzigen wirklichen Planetenabstandes an sich die Durchmesser der Planetenbahnen je ergeben hätten. Ich wähle dieses Gleichnis mit Absicht, da es eben an das erinnert, was die Grundlage aller weiteren Messungen im All geworden ist: die Feststellung der halben mittleren Achse der Erdbahn oder, was dasselbe ist: der Entfernung der Erde von der Sonne. Das erste Stückchen Weg, das sich uns hier aufthut, führt, dank dem rastlosen Be-

mühen der besten rechnenden und beobachtenden Köpfe unseres und des letzten Jahrhunderts, noch über ganz festen Boden, aus dem gesicherte Zahlen blühen.

Die beistehende einfache Zeichnung mag dem Leser zunächst die grundlegende Thatsache ins Gedächtnis zurückrufen, wie überhaupt schon hier auf Erden der Abstand eines entfernten Punktes, dem man wohl noch mit dem Auge, aber nicht mehr mit dem Zollstock beikommen kann, ge-



Ausmessen der Entfernung
zwischen dem Punkte *B* und dem von *B* aus für direkte Messung unzugänglichen Punkte *A*.

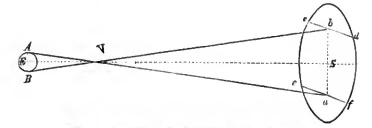
messen wird. Der Feldmesser, der die gerade Entfernung von seinem Standorte *B* bis zu der Kirchturmspitze *A* über Wasser, Unebenheiten und Gebüsch weg messen soll, bestimmt zunächst durch direktes Anspannen der Meßkette das kleine Stückchen Entfernung von *B* nach *C*. Das ist die Basis seiner Arbeit. Nunmehr stellt er bei *B* sowohl wie bei *C* (mit Hilfe des einfachen Instruments des Theodoliten) die Winkel fest, die der gerade Abstand von *B* und *C* mit der senkrechten Gesichtslinie des beobachtenden Auges sowohl von *B* nach *A* wie von *C* nach *A* bildet: die Winkel *ABC* und *ACB*. Nach sehr einfachen mathematischen Grundsätzen, die heute schon jeder Schulknabe lernen kann, läßt sich jetzt auf dem Papier ausrechnen, wie groß der Winkel bei *A* und im fertigen Dreieck *ABC* die eine Seite *AB* sein muß. Diese Seite *AB* aber ist die gesuchte gerade

Entfernung der Kirchturmspitze von dem Stand des Feldmessers diesseits des Wassers, und der Messende darf die Zahl seinem Notizbuch einverleiben, ohne das Wasser überschritten zu haben. Das geringste Nachdenken zeigt, daß es je nach der sehr weiten oder der kürzeren Entfernung, die zu messen ist, nicht gleichgiltig sein kann, wie groß man die Basis *BC* wählt. Nimmt man sie sehr kurz für einen außerordentlich weit entfernten Gegenstand, so schmilzt der Unterschied der Gesichtslinien von *B* und *C* nach *A* in ihrer Stellung zu *BC* zu einem solchen Minimum zusammen, daß es schwer wird, noch etwas für den gesuchten Winkel *BAC* übrig zu behalten. Je weiter also, der Wahrscheinlichkeit nach, *A* entfernt ist, desto notwendiger ist, daß bei *BC* nicht gespart werde. Im allgemeinen wird man, wenn es geht, der Basis etwa ein Zehntel der wahrscheinlichen Entfernung an Länge geben. Der letztgenannte Punkt: das Verhältnis zwischen der direkt zu messenden Grundbasis und dem zu errechnenden Winkel, den die Gesichtslinien in dem fernen Punkte bilden, ist nun das böse Hemmnis, das einer unbeschränkten Anwendung des schönen irdischen Meßsystems für die Himmelskörper in den Weg tritt. Die Himmelskörper sind fast alle so weit entfernt, daß der ganze Durchmesser unserer Erde nicht mehr reicht, um eine Basis zu geben, von der aus jener Winkel aus zwei abweichenden Gesichtslinien noch meßbar zu stande käme. Eine gute Ausnahme besteht: der Mond. Auch er ist zwar volle sechzigmal weiter von uns entfernt, als der Halbmesser der Erde lang ist. Trotzdem lassen sich — mit einiger Komplizierung der Methode, auf deren mathematische Details hier verzichtet sein mag — noch brauchbare Resultate erzielen, wenn man ungefähr gleichzeitig an zwei sehr weit voneinander abliegenden, aber in ihrer geographischen Breite genau bekannten Orten der Erde Winkelmessungen für den Mond anstellt. 1756 wurde das erste Experiment dieser Art von Lalande in Berlin und — an der andern Ecke — von Lacaille am Kap der guten Hoffnung angestellt. Der Winkel bei *A*, der hierbei im Monde lag, ergab für eine Basis von der Größe des Erdhalbmessers eine wirklich noch ohne allzu große Fehlergefahr berechenbare Ziffer, aus der die Entfernung des Mondes von der Erde bis auf wenige Meilen Irrtumsmöglichkeit korrekt auf dem Papier herausgerechnet werden konnte. Man nennt im astronomischen Sprachgebrauch, um das in Parenthese einzufügen, diesen Winkel *BAC*, bei dem als Basis *BC* der Erdhalbmesser gedacht ist, die Parallaxe des fremden Gestirns, ein Wort, das weder mit „parallel" noch mit „Achse" direkt irgend etwas zu thun hat, sondern das griechische Wort für Abweichung (Abweichung der Gesichtslinien voneinander!) ist. Kennt man die Parallaxe, so ist — da der Halbmesser der Erde als bekannte Größe uns zur Verfügung steht — unter allen Umständen die wahre Entfernung des Gestirns von uns berechenbar. Aber, wie erwähnt, mit dem Monde hört die

direkte und bequeme Anwendung der Parallaxen-Rechnung (im obigen Sinne wenigstens) ziemlich auf. Die Sonne ist über zwanzig Millionen geographische Meilen im Mittel von uns entfernt. Das ergiebt fast das 12000fache des ganzen Erddurchmessers. Der Astronom, der die Parallaxe der Sonne bestimmen soll, steht also auf dem Punkt eines irdischen Feldmessers, der von einer nur 1 Meter langen Basis die Winkel etwa für einen 12 Kilometer entfernten Gegenstand zu messen hat. Unter diesen Umständen schmilzt die Dreiecksbasis nahezu zum Punkt, der Winkel bei A wird entsprechend winzig, und doch kostet, bei der Riesenlänge der andern Dreiecksseiten, jeder minimalste Beobachterfehler auch nur von einer Winkelsekunde über zwei Millionen Meilen, so daß das Resultat wertlos wird. Für die Fixsterne, deren nächster im Sternbild des Centauren 224520 Sonnenweiten oder 4⅔ Billionen Meilen nach gangbarer Annahme von uns entfernt sein soll, leuchtet vollends die Unmöglichkeit ein. Schon bei 350 Millionen Meilen, also noch nicht jenseits der Bahn unseres eigenen Mitplaneten Uranus, ergiebt die Parallaxe überhaupt nur noch eine Winkelsekunde, selbst wenn man die 1718 Meilen des ganzen Erddurchmessers als Basis nimmt! Was thun? Zwei Wege haben sich allmählich trotz der Schranke für die fortschreitende Wissenschaft aufgethan.

Zunächst hat man die Sonne auf andere Weisen als mit der direkten Parallaxen-Messung bezwungen. Ich hebe, um diesen Exkurs, der uns vorläufig so weit von den Nebelflecken fortgeführt hat, nicht ins Unermessene auszudehnen (obwohl gerade auf diesen Gebieten jeder astronomische Streifzug in hohem Grade interessant ist), nur die — ich möchte sagen, kulturgeschichtlich merkwürdigste und jedenfalls wissenschaftlich siegreichste Methode hervor, — die Messung des Sonnenabstandes mit Hilfe der Venusdurchgänge. Der zu Grunde liegende Gedanke läuft im wesentlichen auch auf eine Parallaxen-Messung hinaus: nur glückt es ihm, durch geschickte Benutzung eines hin und wieder sich einstellenden kosmischen Ereignisses die Parallaxe der Sonne gleichsam in eine nicht unbeträchtliche Vergrößerung zu bringen und so mit weniger Fehlermöglichkeit abzulesen. Die umstehende kleine Umrißzeichnung wird das auch für den verständlich machen, der keinerlei tiefere mathematische Kenntnis mitbringt. E ist die Erde, S die Sonne, deren Abstand von E gemessen werden soll. Um dieses Messen zu ermöglichen, müßte man im Sinne der Parallaxen-Rechnung den Winkel bei S ermitteln, der dem Halbmesser von E entspricht: die einfache Parallaxe, oder auch die doppelte Parallaxe, die den ganzen Durchmesser von E zur Basis hat. Der Einfachheit wegen sei für das Folgende immer die doppelte Parallaxe benutzt, wobei AB der Erddurchmesser (in einer der Wirklichkeit nicht genau entsprechenden senkrechten Stellung zur Bahnebene) sein soll, und ein Beobachter ebenfalls ziemlich ideal bei A gedacht ist, ein anderer bei B, also den möglichst entgegengesetzten Punkten der Erd-

kugel. Unter gewöhnlichen Umständen, wo die Gesichtslinien beider Beobachter sich erst in S zum Parallaxenwinkel schneiden würden, wäre — bei der wirklichen, enormen Strecke zwischen E und S — wie schon erwähnt keine annähernd brauchbare Berechnung dieses Winkels mehr möglich. Nun soll aber in einem glücklichen Moment, da alles der Beobachtung bereit steht, zwischen E und S an einer Stelle, die sehr viel näher der Erde als der Sonne ist, der Planet Venus, V, zwischen E und S treten und langsam vor der großen Glanzscheibe S als schwarzer Fleck vorüberziehen. Die Linie ES (wie wir auch ohne Kenntnis der absoluten Entfernung aus den durch das dritte Kepler'sche Gesetz erschlossenen relativen Abständen der Planeten von der Sonne wissen) ist durch V etwa so geteilt, daß $SV = 0,73$



Messung des Abstandes zwischen Sonne (S) und Erde (E)
vermittelst der Venusdurchgänge.
Venus = V, Erde = E, Sonne = S, c—d die Bahn der Venus vor der Sonnenscheibe, gesehen vom Punkte B auf der Erde, e—f die Bahn der Venus, gesehen vom Punkte A auf der Erde.

des Ganzen, $EV = 0,27$. Was wird für die Beobachter in A und B die Folge sein? Der Astronom in A wird den dunklen Venusfleck in der Linie ef vor der Sonne hinwandern sehen, der Astronom in B aber in der Linie cd. Der Abstand beider optisch differierenden Linien ist die Verbindung ab. Nun ergiebt sich aber, wenn man, wie es in der Figur geschehen, alle Linien auf dem Papier sich wirklich auszieht, auch für das mathematisch wenig geschulte Auge folgendes sehr deutlich: ab steht zu der Linie AB (dem Erddurchmesser oder der doppelten Parallaxenbasis) in demselben Verhältnis wie SV zu VE; also wie 73 zu 27 oder 2,7 zu 1. Der Winkel, unter dem ab von der Erde gesehen wird, entspricht also dem um das 2,7malige vergrößerten Winkel, unter dem AB von der Sonne gesehen werden müßte. Dieser letztere Winkel aber ist ja eben der gesuchte Sonnenwinkel über dem Erddurchmesser: die doppelte Parallaxe der Sonne. Wir haben somit jetzt diese Parallaxe in einer fast um das Dreifache vergrößerten Form vor uns: die Venus hat allen Ernstes gleichsam als Mikroskop gedient! Das grundlegende Problem bleibt: die Länge von ab möglichst genau zu bestimmen. Hierfür existiert nun der geeignete Anhaltspunkt in

der exakten Berechnung der Größe von *cd* und *ef* auf Grund der beobachteten Ein- und Austrittszeiten des vorüberziehenden Planeten. Je weiter *cd* und *ef* vom Mittelpunkt abliegen, desto sicherer das Gesamtresultat. In diesem Punkte schwankt der Wert der „Venusdurchgänge“ und so wird die einzelne, gerade glückliche Konstellation noch in ihrem Werte gesteigert. Denn schon an sich ist der Venusdurchgang kein gewöhnliches Ereignis etwa wie eine Sonnenfinsternis. Die Verhältnisse im wirklichen Planetensystem liegen nicht so schematisch einfach wie man sie zur Veranschaulichung aufs Papier zeichnet. Schon der Mond selber steht ja nicht so korrekt zur Erde, daß es bei jedem Vollmond und Neumond zu Sonnen- und Mondfinsternissen käme: bald schwebt er infolge seiner gegen die Ebene der Erdbahn geneigten Bahnebene als Vollmond über oder unter dem Erdschatten, bald als Neumond über oder unter der Sonne weg, und nur hin und wieder taucht er wirklich in den Schattenkegel der Erde ein oder verfinstert selbst die Sonnenscheibe. Bei der Venus aber liegen die Dinge so ungünstig, daß dagegen das Verhalten des Mondes, wie gesagt, noch ein Ideal bleibt. Der Grund ist (nur verstärkt) derselbe: die Neigung der Bahnebene der Venus gegen die der Erde. Bald geht der Planet für uns über, bald unter der Sonne vorbei. Öfter als günstigen Falles zweimal im Jahrhundert kann das Zusammenklappen der Dinge, das unsere Parallaxenrechnung so nötig hat, überhaupt gar nicht zu stande kommen. Und es ist erklärlich, daß, seitdem die Idee der ganzen Verwertung (durch Halley 1677) einmal ausgesprochen war, alle Kräfte vereinigt wurden, die paar begnadeten Momente würdig auszunutzen. Wenn man sich vergegenwärtigt, daß dabei nicht bloß die Gunst der Gelegenheit an sich eine so karg über Jahrhunderte zerstreute ist, sondern daß auch zwei gleichzeitig arbeitende Beobachter an zwei ganz entlegenen Punkten der Erdkugel nötig sind, so mag man mit einer gewissen moralischen Genugthuung bei diesen wirklich internationalen Arbeiten zu Gunsten der Sonnen-Parallaxe verweilen. So parteizerfetzt unsere Kulturwelt noch ist, so ungeheuerlich die Summen sich beziffern, die für nichts weniger als friedliche und — im echten Sinne — gemeinnützige Zwecke innerhalb der Zeitspanne seit 1677 vergeudet worden sind, so verheerend das ideale Wirken immer und immer wieder durchkreuzt worden ist durch alle Sorten von Raubtierinstinkten, die den Menschen dem Tiere näher halten, als die lange Zeitdauer seiner Fortentwickelung vom Affen zum Kulturwesen und Ergründer des Kosmos nötig machen sollte: — auch der pessimistischste Zweifler wird vor Thatsachen, wie sie hier sprechen, eigentümlich wohlthätig in die Enge gejagt. Es ist keine Fabel, sondern eine herzerfreuende Wahrheit, die man jedem Schulkinde beibringen sollte, das ein echter Kulturbürger mit etwas „Kultur-Patriotismus“ werden soll: daß, nachdem 1600 Bruno auf dem Scheiterhaufen geröstet und 1633

Galilei zum Abschwören gezwungen worden war, in den Jahren 1761 und 1769, da es sich um die letzten Venusdurchgänge vor 1874 handelte. bereits das ganze zur Beobachtung geeignete Erdgebiet bis in die wildesten und unwahrscheinlichsten Ecken hinein mit einem Netz zielbewußt beobachtender Astronomen überzogen war, — von Rodriguez bei Madagaskar bis Tobolsk in Sibirien, von Greenwich in England bis nach Indien und dem Kap schon 1761, und acht Jahre später, infolge zahlreicher, zum Teil auf Staatskosten ausgerüsteter besonderer Expeditionen, in noch weiterem Umfang bis selbst in die eben erst von Cook enträtselte Südsee (Tahiti) hinein und wiederum hoch nach dem nördlichen Polarkreis hinauf. Die beiden neueren Durchgänge (9. Dezember 1874 und 6. Dezember 1882) sind selbstverständlich entsprechend „gefeiert" worden, so daß unsere Kenntnis der Sonnen-Parallaxe gegenwärtig auf eine befriedigende Höhe gelangt ist und uns die Kilometerzahl der Entfernung (die nach dem dritten Kepler'schen Gesetze zur Grundlage aller Entfernungsberechnungen im Planetensystem wird) ohne starke Irrtumswahrscheinlichkeit überliefert. Die nächste Kontroll-Instanz — der nächste Venusdurchgang — kommt erst wieder für den 7. Juni 2004 in Betracht. Dann dürfte es wohl keinen Fleck mehr auf der Erde geben vom Gaurisankar-Gipfel des Himalaya bis zu den Eispolen, wo nicht nötigen Falles eine astronomische Werkstatt aufgeschlagen werden könnte, und — hoffentlich — keinen „Gebildeten", der sich nicht für den Idealwert des Problems interessierte. . . . . .

Es erhellt aus der Natur der zufälligen Faktoren, die das Parallaxen-Kunststück so bei der Sonne doch noch zu stande kommen ließen, daß für die Parallaxen (und damit die Entfernungen) der übrigen Fixsterne direkt nicht der mindeste Fortschritt erzielt war. Und doch war indirekt der Schachzug gethan, der auch hier der scheinbaren Unmöglichkeit Matt bieten sollte. Die Kenntnis des wahren Sonnenabstandes der Erde lieferte nämlich von selbst grade das für die Weltkörper jenseits unseres Planetensystems, was für die Sonne selbst innerhalb dieses Systems uns zu Anfang gefehlt hatte: eine außerordentlich viel größere Basis für ein zu errichtendes Gesichtsliniendreieck. Bisher hatten wir mit zwei Beobachtern, güngstigsten Falls, an den beiden Ecken des bekannten Erddurchmessers gerechnet. Jetzt ist uns, mit dem doppelten Sonnenabstand der ganzen Erde — der größeren Achse ihrer elliptischen Bahn —, eine unvergleichlich längere Basis gegeben. Daß wir an ihren beiden Ecken innerhalb eines Jahres je einmal als Beobachter anwesend sind, dafür sorgt die Erde mit ihrem Umschwung um die Sonne von selbst. Die Frage blieb nur, ob die Fixsterne nicht in Wahrheit so ungeheuerlich weit von uns abständen, daß selbst eine Basis von 300 Millionen Kilometer Länge noch keine meßbare Parallaxe ergäbe. Die Figur mag wieder erläutern, wie die Methode zur Anwendung kommen mußte. Der Stern S wurde zuerst

von E (der einen Ecke der Erdbahn) betrachtet, dann — ein halbes Jahr später — von E', der andern Ecke. Ergab diese Doppelbeobachtung einen meßbaren Winkel ESE', so konnte die Entfernungsrechnung beginnen unter Zugrundelegung der bekannten Größe EE'. Aber es schien lange, als sollte sich kein Resultat erzielen lassen: der Winkel blieb unberechenbar klein, blieb gleich 0, — selbst diese Basis also schien zu eng. Eine endlose Kette von Schwierigkeiten aller Art sollte sich noch einflechten, ehe die ersten Resultate, zögernd und bis heute vielerlei Schwankungen unterworfen, sich einstellten. Aber sie kamen wenigstens. In den dreißiger Jahren unseres Jahrhunderts glückte es einem der scharfsinnigsten und wissensgewaltigsten Astronomen, die je gelebt: Friedrich Wilhelm Bessel,*) die erste annehmbare Parallaxenberechnung für einen Fixstern (einen Stern im Bilde des Schwanes) zu liefern. Bessel geriet grade auf diesen Stern, weil er eine andere, für Fixsterne damals immerhin seltsame Eigenschaft besaß: er bewegte sich nämlich mit verhältnismäßiger Geschwindigkeit (seit Christi Geburt ungefähr sechs Vollmondbreiten) von der Stelle. Bessel dachte sich nun, daß ein für unsere Beobachtung so sichtbarlich bewegter Stern uns vor anderen ganz besonders nahe stehen müsse — ein Schluß, der an sich

Figur zur Erläuterung des Messens der doppelten sogenannten Fixstern-Parallaxe.

E und E' ist die Erde an den zwei entlegensten Punkten ihrer Bahn um die Sonne. Gesucht wird der Winkel ESE'. Bei allzu großer Entfernung kommt aber ein solcher Winkel nicht mehr zu stande, die Gesichtslinien bleiben parallel wie ES''' und $E'S''$.

*) Friedrich Wilhelm Bessel gehört zu den imposantesten Gestalten der neueren Astronomie. Alles in seiner leider nicht allzu langen, aber glanzvollen Laufbahn war, wie bei dem älteren Herschel, seines eigensten kühnen Geistes Werk. Am 22. Juli 1784 zu Minden geboren, sollte er sich dem Handelsfach widmen. Im Bestreben, Agent bei einer der von Bremen ausgehenden Handelsexpeditionen zu werden, warf er sich auf Nautik, Mathematik und Astronomie. Gleich Herschel baute er sich selbst seine ersten Instrumente, und all sein Wissen erwarb er sich als stolzer Autodidakt. Endlich gewinnt ihn dann die Astronomie dauernd, und 1810 wird der zum weit schauendsten Fachmann Gereifte in Königsberg Direktor der Sternwarte. Bis zu seinem Tode (17. März 1846) beherrscht er von dort aus als Erster die deutsche Himmelswissenschaft, — ein Forscher von so einziger Bedeutung auf getrenntestem Gebiete, daß (mit Mädlers Wort) uns ein Zweifel bleibt, „was wir mehr an ihm bewundern sollen: die Zahl und Trefflichkeit seiner theoretischen Arbeiten, die Schärfe seiner Beobachtungen oder die große Anzahl derselben“.

in solcher Verallgemeinerung problematisch ist, aber im gegebenen Falle Erfolg hatte. Bei Vergleichung mit zwei benachbarten, ziemlich unbewegten Sternen ergab sich eine jährliche Verschiebung. Nachdem andere noch weidliche Mühe gehabt, stellte sich vorläufig die Parallaxe jenes Sternes im Schwan bei 0,5 Sekunden fest, was eine Entfernung von acht



Friedrich Wilhelm Bessel.

Billionen Meilen oder 400000 Erdbahnhalbmessern (auf diese stützt sich hier der früher zum Erdhalbmesser bezogene Begriff der Parallaxe!) giebt. Im ganzen ist der Fortschritt nach dieser Seite so langsam geblieben, wie er gekommen war. Unsere astronomischen Lehrbücher verzeichnen zwar eine Anzahl Fixstern-Parallaxen, auf die saure Arbeit verwendet worden ist, aber die Irrtumsgrenzen sind auch heute noch verzweifelt weite. Immerhin kommt man auf beträchtliche Billionenziffern in Meilen — und daß die

Parallaxen so schwer und in der Mehrzahl der Fälle selbst bei so großer Basis gar nicht ermittelt werden können, liefert auf alle Fälle den Beweis ungeheurer Entfernung von uns. Man gerät in das Gebiet, wo zur Vermeidung der endlosen Ziffern gewöhnlich mit Lichtjahren gerechnet wird (vergl. S. 21 der Einleitung zu diesem Bande), d. h. mit Jahren, die der Lichtstrahl (bei einer Geschwindigkeit von 40000 Meilen in der Sekunde) gebraucht, um aus jenen Fernen zu unserm Auge zu gelangen.

Hier ist nun der Punkt, wo auch die wahre Entfernung der Nebelflecke zum erstenmal als „Problem“ in Betracht kommen könnte, d. h. als Problem für eine Hypothese. Von einer etwa vorhandenen Parallaxen-Berechnung ist keine Rede. Jedenfalls aber ist, falls die Nebel nicht zwischen der nächsten Fixsternsonne und uns schweben sollen (was vorläufig als ganz ausgeschlossen bezeichnet werden kann), ein Abstand, der mehrere Lichtjahre beträgt, als Minimum anzunehmen. Selbst dann ständen sie noch in der vordersten Fixsternreihe. Die noch immer gangbare Theorie denkt aber gar nicht daran, sie hier zu lassen. Sie schiebt sie alle oder wenigstens die großen und komplizierten in eine Raumschicht jenseits der gesamten Fixsternmasse, in deren Gewimmel sie matt hineinleuchten wie meilenferne blaue Waldhügel des Horizonts zwischen die nahen Stämme eines von uns grade durchwanderten Waldes. Man kann schlechterdings nicht leugnen, daß diese Annahme für die größeren Nebel wirklich ihre hohe Wahrscheinlichkeit in sich trägt. Wir haben wohl oben gesehen, daß die sogenannten planetarischen und die mehrfachen Nebel niederer Art zum Teil allerdings sich recht gut denken ließen als einfache Nebelkappen um werdende Fix- und Doppelsterne, und für diese läge ein plausibler Grund nicht vor, sie ganz aus dem echten Sternverband zu lösen. Aber die oberflächliche Betrachtung auch nur eines bizarren Gebildes, wie der Spiral-Nebel der Jagdhunde es darstellt (S. 22), macht die Sache für diese großen, aus Anhäufungen zahlloser Gasbälle oder Sonnen offenbar zusammengesetzten Objekte so hochgradig wahrscheinlich, daß man vor einem Teil der Nebel — und grade den interessantesten — aus Wahrscheinlichkeitsgründen vorläufig nicht um die Annahme herum kann, daß sie wirklich selbständige Systeme jenseits der Fixsternmasse, und vielleicht von gleicher Größe wie diese bilden dürften. Wie weit sollen wir sie nun in den Raum hinausversetzen, — welchen Abstand von uns sollen wir mutmaßen? Vergessen wir nicht, daß wir jetzt ins Gebiet sehr loser Hypothesen hinauswandern — aber hören wir wenigstens kompetente Köpfe, die sich zu solcher Hypothese zum Worte gemeldet haben und jedenfalls ein individuelles Recht dazu hatten. „Wo“, sagt Humboldt, „der eigentümlichen Natur gewisser Probleme nach, Messungen und unmittelbare sinnliche Wahrnehmungen fehlen, ruht nur wie ein Dämmerlicht auf Resultaten, zu welchen, ahnungsvoll getrieben, die geistige Anschauung sich erhebt.“ Wilhelm Herschel hat, wie fast in

allem, was die Nebelflecke anbetrifft, auch hier eine grundlegende Ansicht ausgesprochen, der noch heute verschiedene sachkundige Urteiler trotz der erhobenen Einwürfe beipflichten. Herschel arbeitete noch ohne direkte Kenntnis irgend einer Fixsternparallaxe. Aber er suchte dem Problem durch eine kühne Voraussetzung auf die Spur zu kommen. Bekanntlich unterscheidet schon der unbewaffnete Blick, und viel schärfer noch das Teleskop, am Himmel Sterne sehr verschiedener Größe. Unter den 8000 Sternen, die man mit bloßem Auge ungefähr noch am ganzen Himmel wahrnehmen kann (die Ziffer, die für unsern Nordhimmel nur 3500 giebt, ist viel geringer, als der Laie denkt!), sind noch nicht zwanzig strahlende Könige „erster Größe“. Von zweiter Größe erscheinen etwa 70, von dritter 200 und so fort in geringer Vermehrung, bis endlich die sechste und letzte Größe die Hauptmasse: 6000, stellt. In den gewaltigen Teleskopen mehrt sich mit der ins Ungeheuerliche erweiterten Zahl (bis zu 50 Millionen geht eine ungefähre, nicht mehr auf wirklichem Auszählen beruhende Schätzung) auch die Größenskala, es erscheinen noch Lichtpünktchen von vierzehnter und fünfzehnter Größe. Herschel nahm nun an, alle diese in den Größenklassen gespiegelten Helligkeitsunterschiede beruhten wesentlich bloß auf Entfernungsverschiedenheiten der Sterne in ihrer Stellung zu uns. Die größten Sterne waren die nächsten, die kleinsten die am meisten entfernten. Auf wirkliche Größenunterschiede wurde dabei gar kein Gewicht gelegt, alle Lichtabschwächung kam auf Kosten des räumlichen Abstandes. Nahm man dann für die hellsten, also nächsten Sterne eine sonst irgendwie gutdünkende Grundzahl an, so konnte von da aus der grobe Umriß einer Rechnung entstehen. Dachte man sich einen Stern erster Größe in die doppelte Entfernung gesetzt, so sank er für uns zu zweiter Größe, in der vierfachen zu vierter, in der achtfachen Entfernung zu fünfter u. s. f., schließlich, mit sehr großen Teleskopen, erschienen Sterne, die neunhundertmal weiter von uns entfernt sein mußten als die nächsten und hellsten der ersten Größe. Wo aber das Fernrohr auch dann noch auf unlösbare Nebelmaterie stieß, mußten Raumverhältnisse eintreten, die noch weit alles Frühere hinter sich zurückließen. Not thut diesen Herschel'schen Anschauungen vor allem, daß ein einziger Fixsternabstand thatsächlich genau gemessen sei, um dann weitere Zahlen darauf bauen zu können. Nimmt man nun aus den neueren Parallaxen-Messungen den ungefähr begründeten Wert für die Durchschnittsentfernung von Sternen zweiter Größe mehr oder minder willkürlich zu acht Billionen Meilen zwischen Sonne und Stern, was gegen 7 Jahre für die Zeit allein giebt, die das Licht braucht, um von dort zu uns zu gelangen, so kämen für Sterne sechster Größe schon über 30 „Lichtjahre“ in Betracht, und die äußersten noch als isolierte Punkte wahrnehmbaren Sterne schwebten an Orten im Raum, von wo der Lichtstrahl erst mit etwa 3500jähriger Verspätung unsere irdischen Teleskope erreicht, was einer runden

Entfernung von etwa 4000 Billionen Meilen entspricht. Jenseits dieser Grenze aber hebt erst das Gebiet von Sternhaufen und Nebeln an, die den allermächtigsten Instrumenten noch grade letzte Andeutungen einer komplizierten Zusammensetzung machen. Welche Abstände werden hier noch der Ahnung auftauchen? Nehmen wir einmal an, wie es schon Herschel selbst auf Grund von allerlei sinnreichen Vermutungen (allerdings mit viel Schwanken im einzelnen) that, daß mit jener Grenze von 3500 Lichtjahren Entfernung das Sternsystem abschlösse, zu dem unsere Sonne samt uns gehört. Und daß diese unsere Sonne dem Mittelpunkt dieses Fixsternklumpens ziemlich nahe stände. So hätten wir nach beiden Enden der Insel zusammen jedenfalls über 6000 Lichtjahre Entfernung: so viel Zeit in Wahrheit brauchte die Wellenbewegung der kleinsten Teilchen, die unser Auge als „Licht" aufnimmt, um von einem Stern an dieser Ecke zu einem an jener zu kommen. Denken wir uns jetzt weiter, ein Nebelfleck wie etwa der (möglicherweise) aus Millionen von Fixsternen zusammengesetzte große Spiralnebel der Jagdhunde bilde selbst ein etwa ebenso großes System für sich, das fern von unserm einsam im Weltraum schwebt, — so dämmert wohl eine Vorstellung davon auf, was für ein Abstand uns von einem Koloß trennen müsse, der bei 8000 Billionen Meilen Durchmesser doch in unsere Fixsternwelt nur wie ein schwaches Wölkchen hineinschaut. Hier ist denn auch der Punkt, wo Herschel von „Millionen Lichtjahren" sprach und damit allerdings dem menschlichen Verstande etwas hinwarf, womit bloß noch das leichte Wort Jongleurkunststücke treiben kann, das aber der eigentlichen Vorstellung direkt gar nicht mehr zugänglich ist. Ein Lichtjahr besagt (bei 40000 Meilen Lichtgeschwindigkeit pro Sekunde) mehr als eine Billion Meilen Entfernung für das Himmelsobjekt, von dem das Licht mit einer Verspätung von einem ganzen Jahre uns erst erreicht. Eine Million Lichtjahre überstiegen schon eine Trillion an Meilenzahl. Mag man sich diese Ziffern an einem ins Kleine umgekehrten Bilde halbwegs näher bringen. Man denke sich recht sinnlich deutlich eine irdische Meile, etwa auf schnurgerader Landstraße. Sie soll der Entfernung zwischen Nebelfleck und Erde entsprechen. Nun nehme man von ihr den tausendmillionsten Teil. Es entsteht ein mikroskopisches Pünktchen von etwa 1/133 mm Durchmesser. Dieses Pünktchen aber entspricht jetzt im Verhältnis ungefähr der gesamten räumlichen Ausdehnung unseres Planetensystems von seinem glutatmenden Centralkoloß der Sonne, dessen Schnauben allein gelegentlich Garben von glühendem Wasserstoff in der Höhe von über dreißig Erddurchmessern emporschleudert, bis zu der eisigen Bahn des sonnenfernen Planeten Neptun, dem diese ganze Sonne, die ihn doch auch noch regiert, nur mehr wie ein Stern unter Sternen erscheint.

Zu den räumlichen Wundern tritt noch jenes seltsame Zeitkunststück, dessen ich zu Beginn dieses Bandes, als es sich allgemein darum handelte,

zu zeigen, welch ungeheure Zahlen der Entwickelungsgeschichte eventuell zur Verfügung stehen, Erwähnung gethan. Wenn ein Nebelfleck wirklich so über alle Maßen weit von uns entfernt ist, dann sehen wir ihn in Wahrheit heute so, wie er buchstäblich vor einer Million Jahren ausgesehen hat. Statt des inzwischen vielleicht längst Erwachsenen grüßt uns aus der Himmelsweite der formlose Keim. Und ist da, wo uns noch die drei bunten Gaslinien im Spektrum glänzen, auf irgend einem losgebröckelten und früh erkalteten Fragment inzwischen organisches Leben möglich geworden und nach den gleichen Gesetzen, die unsere Erde beherrschen, zur Stufe der Intelligenz gelangt: so erschiene umgekehrt im (über alles Menschliche noch hinaus) vervollkommneten Fernrohr etwa eines Beobachters auf einer der zahllos wimmelnden Welten jener prächtigen Sternspirale in den Jagdhunden nicht die Kulturerde des neunzehnten nachchristlichen Jahrhunderts, sondern vielleicht (wenn eine Million Jahre dazu reicht!) die groteske Saurierwelt aus den Cykadeenhainen der Jura-Zeit: der flatternde Archäopteryx und das aufrecht trabende Iguanodon, — aus dem Meere dräute die Rückflosse der gefräßigen Fischeidechse oder der Schwanenhals des Plesiosaurus, und der Pterodaktylus schwärmte um die Klippen statt der Sturmschwalben unseres Ozeans.

Unwillkürlich wird der Geist fortgerissen zu diesen Bildern, wenn er den Herschel'schen Ideengängen sich ergiebt.

Das Relative des ganzen Zeitbegriffs, von dem uns philosophische Spekulation erzählt, scheint handgreiflich dabei zu werden. Und eine Art Unsterblichkeit jedes flüchtigsten Moments, jeder Augenblicksphase im Sein eröffnet sich, wenn man die Entfernungen immer weiter gedehnt, die Fähigkeiten fernster Beobachter immer mehr verfeinert denkt. . . . . . .

Herschels Anschauungen sind da, wo sie in die Millionen Lichtjahre hineingerieten, von späteren Astronomen vielfach angefochten worden. Es giebt auf diesen Gebieten eben nichts, was sich nicht irgendwie anfechten ließe, — wohlbemerkt allerdings immer nur durch Beweisführungen, die ihrerseits auch wieder Hypothesen nötig machen. Und solange Hypothese gegen Hypothese steht, bleibt dem Urteil ein sehr weiter Spielraum. Von Struve, dem genialen Direktor der Sternwarten zu Dorpat und Pulkowa (1793—1864), ist sehr eingehend erörtert worden, ob nicht bei so ungeheuerlichen Weiten, wie sie Herschel schließlich für seine äußersten Nebelflecke gewann, eine Aufsaugung (Absorption) der Lichtstrahlen durch irgend einen, wenn auch noch so feinen, im Raum verteilten Stoff stattfinden müsse, und ob nicht, da eine solche Absorption thatsächlich für uns nicht eingetreten sei, auch jene letzten Nebel doch uns sehr viel näher stehen müßten, als Herschels Spekulation will. Struve glaubte anderswo aus gewissen Gründen wirklich Spuren solcher Absorption nachweisbar machen zu können, — eine Absorption, die den Satz beweisunkräftig machte, daß wir bloß mit der

im umgekehrten Quadrat der Entfernung abnehmenden Lichtstärke zu rechnen hätten, — vielmehr ein wirkliches absolutes Verschwinden des Lichtes von einer gewissen Grenze ab veranlaßte. Nach Struve'scher Auffassung hörte schon bei einer Entfernung von etwas über 12200 Lichtjahren (15500 Billionen Meilen) jede weitere Möglichkeit einer Lichtübertragung auf: unsere Teleskope, selbst ins Herrlichste herauf entwickelt, würden vor dieser Grenze als dem absolut schwarzen Erkenntnissaum ewig Halt machen müssen. Von andern ist die Zahl noch weiter, bis zu 5000 Lichtjahren, heruntergedrückt worden. Die fernsten Nebel erschienen uns danach heute — bei so viel näherem Stand — nur etwa in der Entwickelungsphase, die sie zur Zeit der allerfrühesten menschlichen Kulturblüte wirklich besessen haben.

Die Einschränkung Struve's schien gleichzeitig einen plausibeln Ausweg für ein schon im vorigen Jahrhundert angeregtes und 1823 von Olbers wieder aufgenommenes Problem zu versprechen. Wenn das Weltall bis in alle Raumewigkeit hinein mit lichtspendenden Welten erfüllt ist: warum kommt dann nicht als schließliche Summe aller dieser unendlichen Lichtmassen eine beständige taghelle Erleuchtung des ganzen Firmaments zu stande? Trat dagegen jenseits einer gewissen Grenze eine reale stoffliche Aufsaugung des Lichtes ein, so war die Sache erklärt. Im andern Fall forderte sie neue Hypothesen: Begrenzung der Weltenfülle im Raum, — Dazwischentreten von Raumstrecken, die keinen Äther enthielten, wie ihn die Physik als Träger der Wellenbewegung, die wir „Licht" nennen, voraussetzt — kurz Spekulationen aller Art, die an Kühnheit sich jagen durften. Aber Struve's Hypothese, die zwei Fliegen mit einer Klappe schlug, ist selbst wieder von andern kompetenten Urteilern sehr befehdet worden. Secchi verwirft sie mit schärfstem Wort. Daß viele dunkle Körper im Raum existieren, welche das Licht auffangen können, unterliegt auch für ihn keinem Zweifel. Doch „lassen sich diese höchstens mit dem atmosphärischen Staub vergleichen, der zwar das Licht schwächen, aber nicht vollständig absorbieren kann". Den Olbers'schen Knoten durchhaut Secchi mit der bedingungslosen Annahme, daß die Zahl der Welten im Raum wirklich, weil jene Gesamterhellung nicht eintrete, nicht unendlich sei.*)

*) Friedrich Zöllner hat gelegentlich (in seinem Buche „Über die Natur der Kometen") darauf hingewiesen, daß auch die Absorptionstheorie die eigentliche Schwierigkeit, die in der summierten Licht- und Wärmeausstrahlung unendlich vieler Weltkörper liege, gar nicht beseitigen könne. „Denn," sagt er „die Absorption von Licht- und Wärmestrahlen im Weltraume, welche Olbers annimmt, muß notwendig in dem absorbierenden Medium eine der lebendigen Kraft der absorbierten Strahlenmenge entsprechende Temperaturerhöhung erzeugen. Da nun aber, unter Voraussetzung einer unendlichen Zahl von leuchtenden Körpern im unendlichen Raume, jeder in demselben willkürlich abgegrenzte und mit Materie erfüllte Raum sich wie ein Körper in einer Hülle

Das Spielen mit dem Unendlichkeitsbegriff hat im Grunde an dieser realen Stelle wenig Wert. Aber im ganzen mag die Andeutung wenigstens dafür genügen, daß die Frage der Nebelentfernungen jedenfalls noch im Flusse ist. Und ganz unbedingt gilt, auch wenn Herschels Theorie zu Recht bestehen bleiben sollte, daß sie wesentlich Anwendung findet nur auf die großen Nebelsysteme, während für eine Reihe der kleineren planetarischen und Doppel-Nebel die Wahrscheinlichkeit mit jedem Tage



Friedrich Zöllner.

wächst, daß sie mitten in unserm Fixstern-System schweben und vielleicht wirklich nichts anderes darstellen als echte Fix- (und Doppel-) Sterne, die nur noch von einer außergewöhnlich weiten, den Raum unseres Planetensystems wahrscheinlich weit übertreffenden Gashülle umschleiert sind. Es ist möglich, daß selbst für die großen Nebel eines Tages die ganze Auffassung sich sehr verschiebt. Wenn sich zu voller Evidenz herausstellen sollte, daß beispielsweise die Fixsterne des Orionbildes zu einem großen

von sehr hoher Temperatur verhielte, so müßte jeder uns sinnlich wahrnehmbare Teil der Welt fortdauernd seine Temperatur bis zu derjenigen der einschließenden Hülle erhöhen. Wenn man diese Beziehung als eine bereits schon sehr lange Zeit hindurch wirksame betrachtet, so müßte auch jeder Körper schon gegenwärtig eine sehr hohe Temperatur besitzen."

Teil direkt mit dem Nebel zusammenhängen und ähnliche Thatsachen sich mehren (wofür in letzter Zeit gewisse Anhaltspunkte entschieden gegeben sind), so würden die ganz kolossalen Entfernungen schließlich alle in Wegfall kommen können, und das Nebeneinander der Entwickelungsstufen im All würde ein sehr viel engeres, was den Raum betrifft. Mit dem Betonen der Möglichkeit ist aber für den Moment alles gethan, — die Bahn ist offen.

Wir haben mit den letzten Untersuchungen uns weit bereits ins Reich der „schwankenden Gestalten" verirrt. Der Boden ist trügerisch, auf dem wir schreiten. Wer von der Naturwissenschaft Dogmen fordert, auf denen er sich als „Schlummerkissen des Gedankens" zur Ruhe legen kann, nachdem sie einmal als „ewige Wahrheiten" auswendig gelernt sind, findet seine Rechnung nicht mehr dabei. Der Einsichtige aber freut sich des wogenden Spiels: er fühlt den frischen Atem des fetten, nachgiebigen Erdreichs, aus dem täglich schönste Frucht aufsprossen kann. Und in diesem Sinne scheut er sich auch nicht, grade von hier aus noch einen tapferen Schritt weiter mitzuthun. Blauer und lustiger allerdings wird jetzt noch die Hypothese. Von den Wirklichkeitsbildern der sichtbaren Nebelflecke schweift sie über zu einer wahren Kosmogonie: zu theoretischen Spekulationen, wie aus formloser Nebelmasse als Anfangsstadium geordnete Weltsysteme entstanden sein könnten, — Sternsysteme wie das, dem unsere Sonne als gelblicher Fixstern angehört, und in dem unsere Erde mit ihren Nachbarplaneten ein System zweiten Grades wieder bildet, das sich zu seinem Centrum, der Sonne, eventuell mehr oder minder ähnlich verhalten könnte wie diese Sonne selbst zu der größeren sie umschließenden Fixsterninsel, und diese wieder zu einem größten System aller sichtbaren Sternhaufen und Nebelflecke.

Versuche, die lichtesten Züge einer solchen, vom formlosen Nebelfleck bis zum Planeten herab einheitlichen Auseinanderwickelung klar zu stellen, reichen bis vor die Zeit zurück, da Herschel seinen Feldzug ins Wunderland der Nebel begann. Indem wir, am Ende gleichsam der ersten Stufe jener oben erwähnten Kette verschieden erwärmter und ausgedehnter Weltenstadien im All, solchem leichten Ideengewebe uns ein Kapitel lang hingeben, verlassen wir jene strengere Kette für eine Weile. Wir werden, einerlei ob uns nun die Episode reichen Zuwachs giebt oder nicht, die Anschlußstelle schon wiederfinden. Jedenfalls müssen wir uns der rein spekulativen Abweichung aufs eindringlichste als solcher bewußt bleiben. Dann allerdings dürfen wir bereit sein, wieder einmal, wenn auch auf anderem Boden, eine Stätte mächtigster menschlicher Gedankenanspannung zu betreten. Selbst bei schwankendem Resultat ist spekulative Gedankenarbeit großen Stils niemals ganz umsonst. Immer fördert sie in

irgend einem Sinne, säet sie irgendwelche Samenkörner künftiger, wirklicher Erkenntnis aus, die der Folge zu Nutzen werden.

Verlassen wir denn also auf einen Moment alle die einzelnen Thatsachen-Bilder, die die letzten Blätter zusammengestellt. Halten wir uns an ein einfachstes Problem, das allerdings gleichsam das ganze Resultat jener Wirklichkeiten im Kern umschließt.

Uns ist eine formlose Gasmasse als älteste erkennbare Entwickelungsstufe gegeben, — ein weiter Weltennebel im einsamen All. Auf der andern Seite haben wir ein festes, durch die Gesetze der Gravitation verknüpftes System einzelner, loser Weltkörper von wesentlich individuellerer Gestalt, als es der Nebel ist; wir denken zunächst am besten an unser Planetensystem, das einzige kosmische System solcher verbundenen Körper, das wir genau genug kennen, um einigermaßen die Wahrscheinlichkeiten abschätzen zu können.

In welcher Art ließe sich nun der eine Thatbestand aus dem andern ableiten? Welches Prinzip kann — wenn wir im Bilde unseres Planetensystems beharren wollen — eine anfängliche, einheitliche Gasmasse mit fortschreitender Entwickelung so zerspalten, daß ein riesiger Centralkörper und eine Schar kreisender Planeten übrig bleiben?

In dieser Einfachheit ist das Problem thatsächlich zuerst aufgestellt worden. Und seine — theoretische — Lösung war die sogenannte Kant-Laplace'sche Hypothese, benannt nach zwei in Land, Leben und Zeit durch nichts verknüpften Männern, die, unabhängig voneinander, auf ein im großen ähnliches spekulatives Resultat geraten und infolgedessen von der Nachwelt zu einem Dioskurenpaar erhoben worden sind, obwohl im einzelnen, wie wir sehen werden, ihre Auffassungen sich keineswegs deckten. Der Ruhm der Hypothese mit dem stolzen Doppelnamen reicht heute bereits in alle Schulbücher. Wenn man unbefangen die Sachlage prüft, so liegt ihr wesentlichstes Verdienst nicht so sehr in der strikten Beweiskraft und (auch nur rein logischen) Unanfechtbarkeit, sondern vor allem in dem grandiosen Erstlingsversuche, eine so ungeheuerliche Entwickelungswelle: die Umwandlung einer formlosen kosmischen Dunst-Masse in ein fest gegliedertes System, wie es sicher Planeten und Sonne, möglicherweise Sonne und andere Fixsterne verknüpft, mit so einfachen physikalischen Gesetzen zu erklären, als sie etwa die Erscheinungen an einem Öltropfen in Spiritus vor unsern Augen zur Anschauung bringen können. In diesem Sinne ist sie eine kombinatorische That ersten Ranges, von nachhaltigster Wirkung und schon rein geschichtlich der sorgsamsten Beachtung wert.

Die Kant-Laplace'sche Hypothese
über die
Entstehung geordneter Systeme aus einer ursprünglichen Nebelmasse.

> „Ich habe auf eine geringe Vermutung eine gefährliche Reise gewagt und erblicke schon die Vorgebirge neuer Länder. Diejenigen, welche die Herzhaftigkeit haben, die Untersuchung fortzusetzen, werden sie betreten und das Vergnügen haben, selbige mit ihrem Namen zu bezeichnen."
>
> Kant. 1755.

Achtundzwanzig Jahre nach dem Tode Isaak Newtons, 1755, erschien im Verlage von Johann Friedrich Petersen (Königsberg und Leipzig) ein anonymes Büchlein. Es nannte sich „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels, oder Versuch von der Verfassung und dem mechanischen Ursprunge des ganzen Weltgebäudes nach Newtonischen Grundsätzen abgehandelt". Niemand fragte viel danach, wer der Verfasser sein könnte. Denn das kleine Buch fand überhaupt keine Leser. Seine umständlich devote Widmung an den König Friedrich II., die den Preußen verriet, half ihm nichts, — an diesem bangen Vorabend, da der furchtbare Weltensturm des siebenjährigen Krieges an die Thür des stolzen Freidenkers auf dem Throne pochte und alle seine Kreise verrücken sollte, fand sich wenig Sinn für das stille Werden der Planetenbahnen in grauer Urzeit: das Werk ist thatsächlich gar nicht in des Königs Hand gekommen. Noch war es im Druck, da machte der Verleger Bankerott, und so, noch vor Erscheinen unter Gerichtssiegel gelegt, kam es nicht einmal auf die Leipziger Messe. Kein Rezensent lobte oder bekrittelte den Inhalt, der doch kühn genug war und alle Perrücken der bräuchlichen Schulweisheit hätte ins Wackeln bringen müssen, wäre er in ihre Sphäre gelangt. Ganz spät erst, neunzig Jahre rund nach seinem Erscheinen, lenkte sich die Aufmerksamkeit der Naturforscher zurück auf den verschollenen Band. Zu strahlendstem Ruhmeslicht war, allerdings auf anderem Gebiet, sein wirklicher Autor in der Zwischenzeit emporgestiegen: Immanuel Kant, der Philosoph von Königsberg (1724 bis 1804). Alexander von Humboldt war es, der 1845 im ersten Bande seines „Kosmos" endlich auch das Jugendwerk des Meisters, die „Naturgeschichte des Himmels", gleichsam wieder ausgrub. Dieses Ausgraben that um so mehr not, als in der langen Zwischenzeit die verschiedensten findigen Köpfe auf mehr oder minder ähnliche Grundideen wie Kant geraten waren,

der Mathematiker **Lambert**, dann Wilhelm Herschel, zuletzt als unbestrittener Sieger auf dem Plan der Franzose **Laplace** (1796).

War es für die logische Wahrscheinlichkeit der Ideen an sich gewiß das beste Zeichen, daß mehrere, und sogar Bearbeiter ziemlich verschiedener Gebiete, **unabhängig** voneinander ihre Spur fanden, so wäre das dauernde Vergessen Kants vor diesem Fall doch eine tragische Ungerechtigkeit gewesen. Denn, selbst vom speziellen Prioritätsrecht an einigen mehr oder minder problematischen kosmogonischen Grundgedanken abgesehen, gehört das Jugendwerk des Philosophen seinem ganzen Inhalte nach zu den **unbedingt merkwürdigsten Büchern des ganzen achtzehnten Jahrhunderts.** Wer bei Kant an den ledernen Stil bloß der späteren „Kritik der reinen Vernunft" denkt, den erfreut die lichte, oft von begeisterter Wärme durchseelte Darstellungsart, die durchweg dem Abstrakten völlig fern bleibt und doch darum nicht in die schwulstige Bilder-Rhetorik so vieler Zeitgenossen (wie Buffon) verfällt. Den Forscher aber ergötzen inmitten des Veralteten Keime wichtiger Ideen auf Schritt und Tritt.

Der Geisteshauch, der aus Newtons unsterblichen „Prinzipien" befreiend und aufmunternd in die erste Hälfte des großen Jahrhunderts hineinwehte, hatte auch den jungen, als Hauslehrer mühsam sein Brot erwerbenden Denker im fernen Königsberg ergriffen und aufgerüttelt zum Selbstforschen, zum Weiterformen aus dem Grundbilde heraus, das der Engländer mit Ansetzen aller seiner Geisteskräfte so weit gebracht. Hier oben in Preußen hatte einst Kopernikus der staunenden Welt zuerst nahe gelegt, daß die Erde in rasendem Sturm dahinsause durch den Raum. Newton hatte in gewissem Sinne diesem Funde das Märchenhafte abgestreift. Er hatte gezeigt, wie diese schwindelnde Rundfahrt des Erdkolosses um die ferne Sonne kein anderes Gesetz umschließe und also nichts Wunderbareres sei, als der senkrechte Fall des Apfels vom Baum zur Erde oder die, im Gegensatz dazu, in weitem Bogen dahingekrümmte Falllinie des Steines, der horizontal geworfen wird. Wenn aber so einfache, auf Erden jedem Kinde praktisch bekannte Kräfte hinausreichten bis in die Jupiter- und Saturn-Weiten: — lag es dann nicht nahe oder verlor es nicht wenigstens sehr viel an Kühnheit, wenn jemand vor dem scheinbar so einfachen physischen Grundriß der Sternenwelt sich Grübeleien hingab, ob **diese Kräfte nicht auch, wie sie jetzt den Bestand der Welt gewährleisteten, so einst ihren Bau selber aufgezimmert haben könnten,** und ob sich das Geheimnis dieses Baues, die **wahre Entwickelungsgeschichte der Sternenwelt,** nicht rein mathematisch aus ihren gegenwärtigen Wirkungen noch rekonstruieren ließe? „**Gebt mir Materie, ich will euch eine Welt daraus bauen!**" Durfte man es wagen, diesen Satz kühn zu verkünden? Oder bot er noch unüberwindliche Schwierigkeit? „Ich vernichte," so läßt sich Kant mit großer Ruhe dazu vernehmen, „diese Schwierig-

keiten, indem ich deutlich zeige, daß eben die Untersuchung unter allen, die in der Naturlehre aufgeworfen werden können, diejenige sei, in welcher man am leichtesten und sichersten bis zum Ursprunge gelangen kann. Ebenso wie unter allen Aufgaben der Naturforschung keine mit mehr Richtigkeit und Gewißheit aufgelöst worden, als die wahre Verfassung des Weltbaues im großen, die Gesetze der Bewegungen und das innere Triebwerk der Umläufe aller Planeten; als worin die Newtonische Weltweisheit solche Einsichten gewähren kann, dergleichen man sonst in keinem Teile der Weltweisheit antrifft; eben also, behaupte ich, sei unter allen Naturdingen, deren erster Ursache man nachforschet, der Ursprung des Weltsystems und die Erzeugung der Himmelskörper, samt den Ursachen ihrer Bewegungen, dasjenige, was man am ersten gründlich und zuverlässig einzusehen hoffen darf. Die Ursache hiervon ist leicht zu ersehen. Die Himmelskörper sind runde Massen, also von der einfachsten Bildung, die ein Körper, dessen Ursprung man sucht, nur immer haben kann. Ihre Bewegungen sind gleichfalls unvermischt. Sie sind nichts als eine freie Fortsetzung eines einmal eingedrückten Schwunges, welcher, mit der Attraktion des Körpers im Mittelpunkt verbunden, kreisförmig wird. Überdem ist der Raum, darin sie sich bewegen, leer, die Zwischenweiten, die sie voneinander absondern, ganz ungemein groß und also alles sowohl zur unverwirrten Bewegung, als auch deutlichen Bemerkung derselben auf das deutlichste auseinandergesetzt. Mich dünkt, man könne hier in gewissem Verstande ohne Vermessenheit sagen: Gebet mir Materie, ich will eine Welt daraus bauen! Das ist, gebet mir Materie, ich will euch zeigen, wie eine Welt daraus entstehen soll. Denn wenn Materie vorhanden ist, so ist es nicht schwer, diejenigen Ursachen zu bestimmen, die zu der Einrichtung des Weltsystems, im großen betrachtet, haben beitragen können. Man weiß, was dazu gehöret, daß ein Körper eine kugelrunde Figur erlange, man begreift, was erfordert wird, daß freischwebende Kugeln eine kreisförmige Bewegung um den Mittelpunkt anstellen, gegen den sie gezogen werden. Die Stellung der Kreise gegeneinander, die Übereinstimmung der Richtung, die Exccentricität, alles kann auf die einfachsten mechanischen Ursachen gebracht werden, und man darf mit Zuversicht hoffen, sie zu entdecken, weil sie auf die leichtesten und deutlichsten Gründe gesetzt werden können."

Die Grundlage für Kants Beweisführung bildet die gegenwärtige Verfassung des Planetensystems, — natürlich eingeschränkt durch die Kenntnisse von 1755, die über Uranus, Neptun, die paar hundert kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter, die Stellung der Uranusmonde, die Marsmonde und so viel anderes aus dem physischen Detail noch nicht verfügen konnten. Für Kant laufen sechs Planeten mit zehn Begleitern, sowie eine Anzahl Kometen um die Sonne. Die Planeten und Monde bewegen sich, mit sehr geringen Ausnahmen, sämtlich nahezu genau in der

gleichen Ebene, und zwar in der des Äquators der Sonne, während die Kometen allerdings stark abweichen. Würde man von oben oder schräg von der Seite auf das ganze System blicken, so gewahrte man es, abgesehen von den paar zerstreut stehenden Kometen, im ganzen als flache Scheibe, bei der die von der Sonne erhellten Massen sich alle in einer Fläche hintereinander drängten. Wäre die Zahl der Planeten größer und ihr Glanz stärker, so müßte, bei einem Standpunkt genau in der Mitte des Systems, im Centrum der Sonne, für den Anblick in der Ebene des Tierkreises ein heller Ring sich zeigen, entstanden durch das perspektivische Hintereinander- und Nebeneinanderstehen der Planeten und Monde, — während nach oben und unten im dunklen Weltraum bloß die paar in großen Winkeln zur Ebene des Sonnenäquators laufenden Kometen vereinzelt glänzten.

Durch die direkte Kenntnis auf den Bau dieses Systems allein angewiesen und gezwungen also, hier mit der Spekulation über den Ursprung zu beginnen, glaubte Kant doch der Vermutung Raum geben zu dürfen, daß die Bauart des Planetensystems im wesentlichen nur eine Wiederholung im kleinen der viel größeren Fixsternsysteme sei, — so daß Hypothesen über die Bildung dieses Planetensystems doch von selbst auch zu solchen über die ganze sichtbare Welt überhaupt werden müßten. Seine Beweisführung ist eine außerordentlich geschickte und hat ihre schwerwiegende Bedeutung selbst heute — als Hypothese natürlich — keineswegs eingebüßt.

Die Fixsterne sind Weltkörper, wie Planeten und Sonne. Wenn auch langsam, verändern sie doch mit der Zeit ihren Ort gleich Planeten und Kometen. Sollten sie nun nicht als Ganzes auch ein System mit gemeinschaftlichem Mittelpunkt bilden? Und ein System nach Analogie unseres Planetensystems, bei dem die Hauptmasse der Trabanten sich sämtlich in einer und derselben Ebene drehten und nur eine kleine Anzahl kometengleich eine Bahn besäßen, die diese Ebene schnitte, und also bald oberhalb, bald unterhalb der durch die Ebene gebildeten flachen Scheibe schwebten? Unsere Sonne würde ein Glied dieses Verbandes höherer Ordnung bilden. Je nach dem Orte, den sie darin einnähme, müßte uns, den an die Sonne geketteten Erdbewohnern, das ganze System erscheinen. Kreiste die Sonne sehr nahe dem Mittelpunkt, so müßte allseitig in der Richtung der Bahnebene durch das Zusammendrängen der großen Sternmassen ein gleichmäßig hellschimmernder Sternenring entstehen, während oben und unten an der dunklen Himmelswölbung nur die paar extravaganten, zur Hauptebene mehr oder minder senkrecht kreisenden Sterne uns entgegen funkelten.*) Der wirkliche Thatbestand scheint nun hier in einer Weise ent-

*) Will man sich den Sachverhalt am Bilde vergegenwärtigen, so schlage man den Andromeda-Nebel auf Seite 242 auf. Man denke ihn sich als eine von der Seite gesehene flache Linse, die aus zahllosen Sternen bestehen soll.

gegenzukommen, wie es für eine Hypothese nicht gut besser verlangt werden kann. „Jedermann," sagt Kant, „der den bestirnten Himmel in einer heitern Nacht ansieht, wird denjenigen lichten Streif gewahr, der durch die Menge der Sterne, die daselbst mehr als anderwärts gehäuft sind, und durch ihre sich in der großen Weite verlierende Kenntlichkeit, ein einförmiges Licht darstellet, welches man mit dem Namen der Milchstraße benennet hat. Es ist zu bewundern, daß die Beobachter des Himmels durch die Beschaffenheit dieser am Himmel kenntlich unterschiedenen Zone nicht längst bewogen worden, sonderbare Bestimmungen in der Lage der Fixsterne daraus abzunehmen. Denn man siehet ihn die Richtung eines größten Zirkels, und zwar in ununterbrochenem Zusammenhange, um den ganzen Himmel einnehmen, zwei Bedingungen, die eine so genaue Bestimmung und von dem Unbestimmten des Ungefährs so kenntlich unterschiedene Merkmale mit sich führen, daß aufmerksame Sternkundige natürlicherweise dadurch hätten veranlasset werden sollen, der Erklärung einer solchen Erscheinung mit Aufmerksamkeit nachzuspüren. Weil die Sterne nicht auf die scheinbare hohle Himmelssphäre gesetzet sind, sondern einer weiter als der andere von unserm Gesichtspunkte entfernet, sich in der Tiefe des Himmels verlieren: so folget aus dieser Erscheinung, daß in den Entfernungen, darin sie einer hinter dem andern von uns abstehen, sie sich nicht in einer nach allen Seiten gleichgiltigen Zerstreuung befinden, sondern sich auf eine gewisse Fläche vornehmlich beziehen müssen, die durch unsern Gesichtspunkt gehet, und welcher sie sich so nahe als möglich zu befinden bestimmet sind. Diese Beziehung ist ein so ungezweifeltes Phänomenon, daß auch selber die übrigen Sterne, die in dem weißlichten Streife der Milchstraße nicht begriffen sind, doch um desto gehäufter und dichter gesehen werden, je näher ihre Örter dem Zirkel der Milchstraße sind, so, daß von den 2000 Sternen, die das bloße Auge am Himmel entdecket, der größte Teil in einer nicht gar breiten Zone, deren Mitte die Milchstraße einnimmt, angetroffen wird. Wenn wir nun eine Fläche durch den Sternenhimmel hindurch in un-

---

Von oben gesehen würde sie als Linse im Umriß ganz rund und flach sein. Nun soll unsere Erde sich, im Gefolge der Sonne, etwa an der einen Ecke des hellen Mittelflecks, also nahe der Gesamtmitte befinden. Schaut der Beobachter nach oben oder unten, so sieht er durch die kleinere Achse, die „Dicke" der Linse: die Zahl der Sterne, die hier sich hintereinander drängen, ist nicht allzu groß. Anders aber, wenn er nach der rechten und linken Ecke schaut: er taucht jetzt mit dem Blick in die große Achse, den „Durchmesser der Fläche", und die Masse der Sterne, die hier sich perspektivisch häufen, ist so ungeheuer, daß man nirgendwo dazwischen mehr den schwarzen Raum erblicken wird, sondern ein weißer Nebel entsteht, — obwohl thatsächlich die Sterne unter sich hier nicht enger stehen als oben und unten, sondern nur mehr Schichten hintereinander liegen. Da das Ganze Kreisform hat, in der die Flächendurchmesser alle gleich groß sind, also das „Rechts" und „Links" ganz relativ wird, so erscheint vom Mittelpunkt aus dieser Nebel konsequenterweise als rings geschlossener Ring.

beschränkte Weiten gezogen denken und annehmen: daß zu dieser Fläche alle Fixsterne und Systemata eine allgemeine Beziehung ihres Ortes haben, um sich derselben näher als andern Gegenden zu befinden, so wird das Auge, welches sich in dieser Beziehungsfläche befindet, bei seiner Aussicht in das Feld der Gestirne, an der hohlen Kugelfläche des Firmaments, diese dichteste Häufung der Sterne in der Richtung solcher gezogenen Fläche unter der Gestalt einer von mehrerem Lichte erleuchteten Zone erblicken. Dieser lichte Streif wird nach der Richtung eines größten Zirkels fortgehen, weil der Stand des Zuschauers in der Fläche selber ist. In dieser Zone wird es von Sternen wimmeln, welche durch die nicht zu unterscheidende Kleinigkeit der hellen Punkte, die sich einzeln dem Gesichte entziehen, und dadurch ihre scheinbare Dichtigkeit, einen einförmig weißlichten Schimmer, mit einem Worte, eine Milchstraße vorstellig machen. Das übrige Himmelsheer, dessen Beziehung gegen die gezogene Fläche sich nach und nach vermindert, oder welches sich auch dem Stande des Beobachters näher befindet, wird mehr zerstreuet, wiewohl doch, ihrer Häufung nach, auf eben diesen Plan beziehend gesehen werden. Endlich folget hieraus, daß unsere Sonnenwelt, weil von ihr aus dieses System der Fixsterne in der Richtung eines größesten Zirkels gesehen wird, mit in eben derselben großen Fläche befindlich sei und mit den übrigen ein System ausmache . . . . ."

„Nach dieser Vorstellung kann man das System der Fixsterne einigermaßen durch das planetische abschildern, wenn man dieses unendlich vergrößert. Denn wenn wir anstatt der sechs Planeten mit ihren zehn Begleitern so viele tausend derselben, und anstatt der 28 oder 29 Kometen, die beobachtet worden, ihrer hundert- oder tausendmal mehr annehmen, wenn wir eben diese Körper als selbstleuchtend gedenken, so würde dem Auge des Zuschauers, das sie von der Erde ansiehet, eben der Schein als von den Fixsternen der Milchstraße entstehen. Denn die gedachten Planeten würden durch ihre Nahheit zu dem gemeinen Plane ihrer Beziehung, uns, die wir mit unserer Erde in eben demselben Plane befindlich sind, eine von unzählbaren Sternen dicht erleuchtete Zone darstellen, deren Richtung nach dem größesten Zirkel ginge; dieser lichte Streifen würde allenthalben mit Sternen genugsam besetzet sein; obgleich gemäß der Hypothese es Wandelsterne, mithin nicht an einen Ort geheftet sind, denn es würden sich allezeit nach einer Seite Sterne genug durch ihre Versetzung befinden, obgleich andere diesen Ort geändert hätten. Die Breite dieser erleuchteten Zone, welche eine Art eines Tierkreises vorstellet, wird durch die verschiedenen Grade der Abweichung besagter Irrsterne von dem Plane ihrer Beziehung und durch die Neigung ihrer Kreise gegen dieselbe Fläche veranlasset werden; und weil die meisten diesem Plane nahe sind, so wird ihre Anzahl nach dem Maße der Entfernung von dieser Fläche zerstreuter erscheinen; die Kometen aber, die alle Gegenden ohne Unterschied einnehmen, werden das Feld des Himmels

von beiden Seiten bedecken. Die Gestalt des Himmels der Fixsterne hat also keine andere Ursache, als eben eine dergleichen systematische Verfassung im großen, als der planetische Weltbau im kleinen hat, indem alle Sonnen ein System ausmachen, dessen allgemeine Beziehungsfläche die Milchstraße ist, die sich am wenigsten auf diese Fläche beziehenden werden zur Seite gesehen, sie sind aber eben deswegen weniger gehäufet, weit zerstreuter und seltener. Es sind sozusagen die Kometen unter den Sonnen."

Ich unterlasse es absichtlich, in diesem Zusammenhang irgend welche Korrekturen an Kants Ideen anzulegen. Wie weittragend seine Anschauungsweise von einer rein perspektivischen Erklärung des Wunders der ringsförmigen Milchstraße war, erhellt aus der einfachen Thatsache, daß sie bis auf unsere Tage das Herz kompetentester Forscher zu erobern gewußt hat. Über ihren wahren Wert aber werden wir uns wenig später ohnehin noch im Detail unterhalten.

Kants Scharfsinn fand noch einen zweiten empirischen Beweis, der die Wahrscheinlichkeit seiner Vermutungen zu stützen geeignet war. Erschien uns, innerhalb des Fixsternsystems, dessen Flächenachse als heller Ring, so mußte umgekehrt einem Beobachter außerhalb des Systems dieses als gleichmäßig helle, flache Linse sich darstellen. „Wenn," so schließt Kant völlig korrekt, „ein System von Fixsternen, welche in ihren Lagen sich auf eine gemeinschaftliche Fläche beziehen, so wie wir die Milchstraße entworfen haben, so weit von uns entfernt ist, daß alle Kenntlichkeit der einzelnen Sterne, daraus es bestehet, sogar dem Sehrohre nicht mehr empfindlich ist: wenn seine Entfernung zu der Entfernung der Sterne der Milchstraße eben das Verhältnis, als diese zum Abstand der Sonne von uns hat; kurz, wenn eine solche Welt von Fixsternen in einem so unermeßlichen Abstande von dem Auge des Beobachters, das sich außerhalb demselben befindet, angeschaut wird, so wird dieselbe unter einem kleinen Winkel als ein mit schwachem Lichte erleuchtetes Räumchen erscheinen, dessen Figur zirkelrund sein wird, wenn seine Fläche sich dem Auge geradezu darbietet, und elliptisch, wenn es von der Seite gesehen wird. Die Schwäche des Lichts, die Figur und die kennbare Größe des Durchmessers werden ein solches Phänomenon, wenn es vorhanden ist, von allen Sternen, die einzeln gesehen werden, gar deutlich unterscheiden. Man darf sich unter den Beobachtungen der Sternkundigen nicht lange nach dieser Erscheinung umsehen. Sie ist von unterschiedlichen Beobachtern deutlich wahrgenommen worden. Man hat sich über ihre Seltsamkeit verwundert; man hat gemutmaßet und bisweilen wunderlichen Einbildungen, bisweilen scheinbaren Begriffen, die aber doch ebenso ungegründet, als die erstern waren, Platz gegeben. Die neblichten Sterne sind es, welche wir meinen, oder vielmehr eine Gattung derselben, die der Herr von Maupertuis so beschreibt: daß es kleine, etwas mehr als das Finstere des leeren Himmelsraumes erleuchtete Plätzchen sind, die alle

darin übereinkommen, daß sie mehr oder weniger offene Ellipsen vorstellen, aber deren Licht weit schwächer ist als irgend ein anderes, das man am Himmel gewahr wird." Jeder dieser „neblichten Sterne" — unsere Nebelflecke — ist für Kant ein ebenwertiges Fixsternsystem wie das unserer Milchstraße. „Man könnte noch," fügt er bei, „mutmaßen, daß eben diese höheren Weltordnungen nicht ohne Beziehung gegeneinander seien und durch dieses unser gegenseitiges Verhältnis wiederum ein noch unermeßlicheres System ausmachen. In der That sieht man, daß die elliptischen Figuren dieser Arten neblichter Sterne, welche der Herr von Maupertuis anführte, eine sehr nahe Beziehung auf den Plan der Milchstraße haben. Es stehet hier ein weites Feld zu Entdeckungen offen, wozu die Beobachtung den Schlüssel geben muß."

Nachdem unser Denker sich so den Schluß vorweg angebahnt, daß eine Geschichte des Planetensystems höchstwahrscheinlich im Kern wirklich die des ganzen Kosmos darstelle, wendet er sich seiner eigentlichen Aufgabe zu.

Die Thatsache, daß alle Planeten und Monde, sechzehn Glieder also eines und desselben Systems, sich in ungefähr der gleichen Ebene nach gleicher Richtung (von West nach Ost) bewegen, führt auf den Schluß, daß eine gemeinsame Ursache hier zu Grunde liegen müsse. Für den gegenwärtigen Bestand der Dinge steht allerdings eine solche nicht vor Augen. Die einzelnen Planeten sind von der Sonne sowohl wie unter sich durch weite, nahezu leere Räume geschieden. Ein vermittelnder Stoff, der, von der Sonne bis zum fernsten Planeten reichend, in seinem Umschwung alle Kugeln gleichmäßig mit fortrisse, fehlt vollständig. Aber muß es deshalb ewig so gewesen sein? Können die Zwischenräume nicht vielleicht erst später, nachdem alle Bewegungen den Planeten gleichartig eingegeben waren, entleert worden sein? „Ich nehme an," sagt Kant, „daß alle Materien, daraus die Kugeln, die zu unserer Sonnenwelt gehören, alle Planeten und Kometen bestehen, im Anfange aller Dinge in ihren elementarischen Grundstoff aufgelöset, den ganzen Raum des Weltgebäudes erfüllet haben, darin jetzo diese gebildeten Körper herumlaufen. Dieser Zustand der Natur, wenn man ihn, auch ohne Absicht auf ein System an und für sich selbst betrachtet, scheint nur der einfachste zu sein, der auf das Nichts folgen kann. Die Zusammensetzung voneinander abstehender Himmelskörper, ihre nach den Anziehungen gemäßigte Entfernung, ihre Gestalt, die aus dem Gleichgewicht der versammelten Materie entspringet, sind ein späterer Zustand. Die Natur, die unmittelbar mit der Schöpfung grenzet, war so roh, so ungebildet als möglich." Woher diese anfängliche, formlose Stoffwolke selbst gekommen sei, zieht Kant nicht in den Kreis seiner Erörterung. er betrachtet sie für seine Hypothese als gegebenen Ausgangspunkt. Es findet sich bei ihm im engeren Zusammenhang kein Wort darüber, daß er

die Vorstellung als **notwendig** erachtet habe, das anfängliche Aufgelöstsein aller später festen Planetenmassen mit Einschluß der Sonne in einer riesigen, vom Mittelpunkt bis zur äußersten Kometenbahn sich gleichmäßig erstreckenden Dunstwolke sei die Folge einer anfänglichen außerordentlich hohen **Temperatur**, einer ursprünglichen enormen **Hitze**, gewesen: er dachte sich den gesamten Stoff bloß ganz einfach in lose Partikelchen staubartig zersplittert, wodurch er sich über sehr viel mehr Raum ausdehnen und also auch die jetzt leeren Zwischenräume der Kugeln und die ganzen Bahnen der Planeten und Monde vollkommen ausfüllen konnte. Erst bei einer späteren Betrachtung des Buches, die sich mit der Möglichkeit eines **künftigen** Zusammensturzes des Planetensystems befaßt, wird gelegentlich erwähnt, daß beim Sturz der Planeten, die zum Teil aus sehr leicht verbrennbaren Stoffen beständen, in die brennende Sonnenhölle hinein, dieses „durch neue Nahrung und die flüchtigste Materie in die größte Heftigkeit versetzte Feuer" den gesamten Stoff aus Sonne, Planeten und Monden nicht nur „wiederum in die kleinsten Elemente auflösen", sondern auch „mit einer der Hitze gemäßen Ausdehnungskraft und mit einer Schnelligkeit, welche durch keinen Widerstand des Mittelraumes geschwächet wird, in dieselben weiten Räume wieder zerstreuen werde, welche sie vor der ersten Bildung der Natur eingenommen hatte". **Vollkommen fern aber lag Kant der Gedanke, als sei der Urnebel bereits als Ganzes mit einer drehenden Bewegung um seine Axe von West nach Ost ausgestattet gewesen.** Diese Bewegung soll vielmehr erst in der Folge entstanden sein, und zwar in ziemlich komplizierter Weise. In einer großen Staubwolke, in der alle Elemente zerteilt sind, befinden sich Partikelchen von sehr verschiedener Art: solche von stärkerer spezifischer Dichtigkeit und Anziehungskraft und solche von viel geringerer. „Die zerstreuten Elemente dichterer Art sammeln vermittelst der Anziehung aus einer Sphäre rund um sich alle Materie von minder spezifischer Schwere; sie selbst aber, zusamt der Materie, die sie mit sich vereinigt haben, sammeln sich in den Punkten, da die Teilchen von noch dichterer Gattung befindlich sind, diese gleichergestalt zu noch dichteren und so fortan." Entsprechend hat man sich als Ausgangspunkte weiterer Entwickelung auch im planetarischen Dunstballe zunächst einen Klumpen zu denken, „welcher sozusagen von einem unendlich kleinen Keime, in schnellen Graden fortwächst, aber in eben dem Maße, als diese Masse sich vermehrt, auch mit stärkster Kraft die umgebenden Teile zu seiner Vereinigung beweget". Die Bewegung der Teilchen auf diesen Attraktionsklumpen hin ist die erste, die den Staubball, der zum System werden will, in Thätigkeit setzt, sie bleibt aber nicht die einzige. Bei ihrem Fall aus verschieden hohen Sphären, beim Hindurchrollen der schwereren Teilchen durch das Chaos der leichteren, schlugen die erworbenen Fallgeschwindigkeiten vielfach durch gegenseitiges Hemmen, Abstoßen und elastisches Beiseitespringen in allerhand

Abbeugungen und Seitenbewegungen aus. „Wenn," erläutert Kant, „die Massen des Centralkörpers so weit angewachsen sind, daß die Geschwindigkeit, womit er die Teilchen von großen Entfernungen zu sich zieht, durch die schwachen Grade der Zurückstoßung, womit selbige einander hindern, seitwärts gebeugt in Seitenbewegungen ausschläget, die den Centralkörper, vermittelst der Centralfliehkraft, in einem Kreise zu umfassen im stande sind: so erzeugen sich große Wirbel von Teilchen, deren jedes für sich krumme Linien durch die Zusammensetzung der anziehenden und der seitwärts gelenkten Umwendungskraft beschreibet; welche Arten von Kreisen alle einander durchschneiden, wozu ihnen ihre große Zerstreuung in diesem Raum Platz läßt. Indessen sind diese auf mancherlei Art untereinander streitenden Bewegungen natürlicherweise bestrebt, einander zur Gleichheit zu bringen, das ist, in einen Zustand, da eine Bewegung der andern so wenig als möglich hinderlich ist. Dieses geschiehet erstlich, indem die Teilchen eines des andern Bewegung so lange einschränken, bis alle nach einer Richtung fortgehen; zweitens, daß die Partikeln ihre Vertikalbewegung, vermittelst der sie sich dem Centro der Attraktion nähern, so lange einschränken, bis sie alle horizontal, d. i. in parallellaufenden Zirkeln um die Sonne als ihren Mittelpunkt bewegt, einander nicht mehr durchkreuzen, und durch die Gleichheit der Schwungskraft mit der senkenden sich in freien Zirkelläufen in der Höhe, da sie schweben, immer erhalten, so daß endlich nur diejenigen Teilchen in dem Umfange des Raumes schweben bleiben, die durch ihr Fallen eine Geschwindigkeit und durch die Widerstehung der andern eine Richtung bekommen haben, dadurch sie eine freie Zirkelbewegung fortsetzen können. In diesem Zustande, da alle Teilchen nach einer Richtung und in parallellaufenden Kreisen, nämlich in freien Zirkelbewegungen durch die erlangten Schwungskräfte um den Centralkörper laufen, ist der Streit und der Zusammenlauf der Elemente gehoben, und alles ist in dem Zustande der kleinsten Wechselwirkung. Dieses ist die natürliche Folge, darein sich allemal eine Materie, die in streitenden Bewegungen begriffen ist, versetzet. Es ist also klar, daß von der zerstreuten Menge der Partikeln eine große Menge durch den Widerstand, dadurch sie einander auf diesen Zustand zu bringen suchen, zu solcher Genauheit der Bestimmungen gelangen muß, obgleich eine noch viel größere Menge dazu nicht gelanget und nur dazu dienet, den Klumpen des Centralkörpers zu vermehren, in welchen sie sinken, indem sie sich nicht in der Höhe, darin sie schweben, frei erhalten können, sondern die Kreise der untern durchkreuzen und endlich durch deren Widerstand alle Bewegung verlieren. Dieser Körper in dem Mittelpunkte der Attraktion, der diesem zufolge das Hauptstück des planetischen Gebäudes durch die Menge seiner versammelten Materie geworden ist, ist die Sonne, ob sie gleich diejenige flammende Glut alsdann noch nicht hat, die nach völlig vollendeter Bildung auf ihrer Oberfläche hervorbricht. Noch ist zu bemerken, daß, indem also alle Elemente

der sich bildenden Natur, wie erwiesen, nach einer Richtung um den Mittelpunkt der Sonne sich bewegen, bei solchen nach einer einzigen Gegend gerichteten Umläufen, die gleichsam auf einer gemeinschaftlichen Axe geschehen, die Drehung der feinen Materie in dieser Art nicht bestehen kann, weil nach den Gesetzen der Centralbewegung alle Umläufe mit dem Plan ihrer Kreise den Mittelpunkt der Attraktion durchschneiden müssen, unter allen diesen aber um eine gemeinschaftliche Axe, nach einer Richtung laufenden Zirkeln nur ein einziger ist, der den Mittelpunkt der Sonne durchschneidet, daher alle Materie von beiden Seiten dieser in Gedanken gezogenen Axe nach demjenigen Zirkel hineilet, der durch die Axe der Drehung gerade in dem Mittelpunkte der gemeinschaftlichen Senkung gehet. Welcher Zirkel der Plan der Beziehung aller herumschwebenden Elemente ist, um welchen sie sich so sehr als möglich häufen, und dagegen die von dieser Fläche entferneten Gegenden leer lassen; denn diejenigen, welche dieser Fläche, zu welcher sich alles dränget, nicht so nahe kommen können, werden sich in den Örtern, wo sie schweben, nicht immer erhalten können, sondern, indem sie an die herumschwebenden Elemente stoßen, ihren endlichen Fall zu der Sonne veranlassen. Wenn man also diesen herumschwebenden Grundstoff der Weltmaterie in solchem Zustande, darin er sich selbst durch die Anziehung und durch einen mechanischen Erfolg der allgemeinen Gesetze des Widerstandes versetzet, erwäget, so sehen wir einen Raum, der zwischen zwei nicht weit voneinander abstehenden Flächen, in dessen Mitte der allgemeine Plan der Beziehung sich befindet, begriffen ist, von dem Mittelpunkte der Sonne an, in unbekannte Weiten ausgebreitet, in welchem alle begriffenen Teilchen, jegliche nach Maßgebung ihrer Höhe und der Attraktion, die daselbst herrschet, abgemessene Zirkelbewegungen in freien Umläufen verrichten, und daher, indem sie bei solcher Verfassung einander so wenig als möglich mehr hindern, darin immer verbleiben würden, wenn die Anziehung dieser Teilchen des Grundstoffes untereinander nicht alsdann anfinge, seine Wirkung zu thun und neue Bildungen, die der Same zu Planeten, welche entstehen sollen, sind, dadurch veranlassete. Denn, indem die um die Sonne in parallelen Zirkeln bewegten Elemente, in nicht gar zu großem Unterschiede des Abstandes von der Sonne genommen, durch die Gleichheit der parallelen Bewegung, beinahe in respektiver Ruhe gegeneinander sind; so thut die Anziehung der daselbst befindlichen Elemente, von übertreffender spezifischer Attraktion, sogleich hier eine beträchtliche Wirkung, die Sammlung der nächsten Partikeln zur Bildung eines Körpers anzufangen, der, nach dem Maße des Anwuchses seines Klumpens, seine Anziehung weiter ausbreitet und die Elemente aus weitem Umfange zu seiner Zusammensetzung bewegt. Der Anfang der sich bildenden Planeten ist nicht allein in der Newtonischen Anziehung zu suchen. Diese würde bei einem Partikelchen von so ausnehmender Feinigkeit gar

zu langsam und schwach sein. Man würde vielmehr sagen, daß in diesem Raume die erste Bildung durch den Zusammenlauf einiger Elemente, die sich durch die gewöhnlichen Gesetze des Zusammenhanges vereinigen, geschehe, bis derjenige Klumpen, der daraus entstanden, nach und nach so weit angewachsen, daß die Newtonische Anziehungskraft an ihm vermögend geworden, ihn durch seine Wirkung in die Ferne immer mehr zu vergrößern."

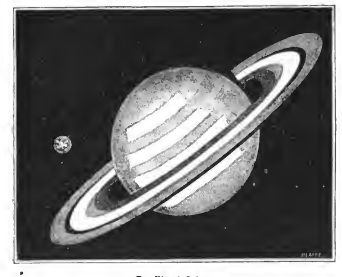
Für den Leser, der sich durch diese etwas halsbrecherische Kantische „Ur-Physik" durchgearbeitet, erhellt als Facit wohl etwa folgendes. Zuerst hat sich das centrale Anziehungscentrum gebildet, zu dem alles hinstürzt. Bei dem Gedränge dieses Sturzes entstehen Seitenbewegungen, schließlich zahllose, einander kreuzende Wirbel. In diesen Wirbeln der Stoffteilchen wütet der „Kampf ums Dasein", d. h. der Kampf, um die möglichst ungehemmte Bewegung so lange, bis alle Wirbel nach derselben Seite gehen und, anstatt sich zu schneiden, eine Anzahl koncentrischer Ringe in derselben Ebene bilden. Alles, was sich nicht einpassen konnte, ist gegen das Centrum, die Sonne, hin abgestürzt. Alle Kreise haben sich schließlich nahe der Äquatorebene der Sonne gruppiert. Nun hebt innerhalb der in sich relativ ruhigen Ringe von neuem das engere Attraktionsspiel der Teilchen an, bis aus den Ringen Klumpen geworden sind, die im Engeren den Raum durch Aufsaugen des Stoffs entleeren und fortan als „Planeten" in der alten Ringbahn die Sonne umkreisen.

Ich habe den Wortlaut Kants absichtlich mit dieser Weitläufigkeit citiert, da in populären Büchern die Kritik der „Kant-Laplace'schen Hypothese" oft mit sehr wenig Rücksicht grade auf Kants wirkliche Meinung vorgenommen wird. Der Rest der Ausführungen des Buches ist zur Sache durchweg weniger von Belang. Die Achsendrehung der Planeten und die Entstehung der Monde wird in einer dem Hauptprozeß völlig entsprechenden Weise erklärt. Die Kometen mit ihren unverhältnismäßig excentrischen Bahnen gelten als die entlegensten, in größter Sonnenferne entstandenen planetarischen Gebilde, deren Bahnen sich nicht mehr so korrekt ausbilden konnten wie die der echten Planeten, — wobei Kant im allgemeinen wenigstens als „Gesetz" die für unser heutiges Wissen unbedingt falsche Annahme zu Grunde legt, daß auch schon die Planeten, je weiter sie vom Sonnencentrum abständen, immer excentrischere (von der Kreisform abweichendere) Bahnen entwickelten.*) Die schiefe Stellung so vieler Planetenachsen auf der Ebene ihrer Bahn wird aus späteren physischen Umwälzungen

*) Der excentrischste der heute bekannten acht großen Planeten ist in Wahrheit grade der innerste, Merkur, den allerdings Kant selbst schon als Ausnahme faßte. Bei Venus, Erde, Jupiter und Saturn besteht das angebliche Gesetz in bedingtem Sinne zu Recht. Aber dazwischen wächst Mars gänzlich wieder heraus, er nähert sich der Zahl für Merkur, und die (zu Kants Zeit noch unbekannten) Planetoiden zwischen Mars und Jupiter erreichen Höhepunkte

(während des Übergangs aus einem flüssigen in den festen Zustand) und dabei mitunterlaufenden Gleichgewichtsstörungen erklärt, — das seltsame Phänomen des Planeten Uranus war Kant noch fremd, dessen Monde in einer zur Bahnebene des Planeten nahezu **senkrechten** Ebene sich bewegen.

Eine für den späteren Umbau der Nebular-Hypothese durch Laplace außerordentlich wichtige Ausführung findet sich aber neben alledem noch in dem fünften Kapitel, das dem „**Ursprung des Ringes des Saturns**"



Der Planet Saturn.
Daneben links die Erde, um den Größenunterschied zu zeigen.

gewidmet ist. Kant ist der Ansicht, daß der Ring des Saturn, dieses rätselhafteste Gebilde des ganzen Planetensystems, **nicht durch den gleichen Prozeß entstanden sei, wie die Planeten und Monde, also nicht** etwa durch zahllose aus der Saturnnähe vom schweren Planeten herangezogene Stoffteilchen, die bei ihrem Fall nach dem Planeten hin zum Teil in Seitenbewegungen gestoßen wurden und schließlich eine Ringbahn um ihn einschlugen. Auf diese Weise hätte immer nur wieder ein fester Mond

der Excentrizität, hinter denen selbst Merkur weit zurückbleibt. Umgekehrt aber — und das sind wohl die entscheidendsten Thatsachen — sinkt Uranus wieder unter Jupiter, und **Neptun** endlich, der sonnenfernste Planet, läuft **in einer so korrekten Bahn, daß er beinahe dem Ausgangspunkt der Reihe, der sonnennahen Venus, an Nichtexcentrizität gleich kommt.**

entstehen müssen, wie ja Saturn deren sonst genug hat. Der Ring soll vielmehr ein späteres Produkt des Planeten selbst sein, — aus einer Zeit, da dieser bereits seine Achsendrehung besaß. Wahrscheinlich infolge einer hohen Temperatur, die der Planet früher besessen hat, hoben sich, so meint Kant, atmosphärische Dunstmassen von der ganzen Kugel aus als mächtiger, hoch emporwallender Dampfschleier heraus. Jedes Partikelchen dieser Dampfmasse kreiste auch hoch oben noch mit derselben Geschwindigkeit, die es unten auf dem Planeten infolge des Achsenumschwungs besessen. Als nun die Saturnkugel sich abkühlte und keine Dämpfe mehr weiter entwickelte, mußten alle Teilchen, deren Geschwindigkeit nicht grade den Grad hatte, daß sie der Anziehungskraft der Höhe, in der sie schwebten, durch die (mit ihrer Eigenbewegung verknüpfte) Centrifugalkraft das Gleichgewicht hielt, einander so lange stoßen und verzögern, bis (wie es wörtlich in einem von Kant selbst approbierten Auszug aus dem Hauptwerke, der 1791 erschienen ist, heißt) nur diejenigen, die in freier Zirkelbewegung nach Centralgesetzen umlaufen konnten, um den Saturn bewegt übrig blieben, die übrigen aber nach und nach auf dessen Oberfläche zurückfielen. Das endliche Produkt ist in einem ganz bestimmten Abstande ein freischwebender Dunstring um den Äquator des Saturn, der sich dauernd durch seinen Umschwung dort erhält.

Es lag entschieden sehr nahe, diese speziell für Saturn erfundene Hypothese so zu verallgemeinern, daß sie selbst den Rang einer Erklärungshypothese für die gesamte Bildung des Planetensystems bekam und die andere ganz überflüssig machte. Wenn man annahm, daß die Dampfatmosphäre des heißen, mit einer Achsendrehung versehenen Planeten auch festere Stoffteilchen in sich trug, die in dem schließlich entstehenden Ringe mitkreisten, so war denkbar, daß diese in der Ringmasse Attraktionscentren bildeten, und so schließlich doch ein in der Ringbahn laufender Klumpen — also ein Mond — entstand. Erfand man nun — einmal im Schuß verwegenen Hypothesenspiels angelangt — noch irgend eine Ursache hinzu, die eine mehrmalige Wiederholung solcher Ringbildungen ermöglichte — etwa eine wachsende Verkleinerung des ringbildenden Hauptkörpers mit gleichzeitig periodisch erneuter Dampfentwickelung, so ließ sich eine Idee gewinnen, wie ganze Reihen von Monden in konzentrischen Bahnen erzeugt wurden. Und wie hier die Monde, konnten gleichermaßen die Planeten selbst sich aus Dampfringen der Sonnenatmosphäre gebildet haben erst zur Zeit, da diese — einerlei woher — ihre Achsendrehung bereits besaß.

Kant selbst hat der Versuchung, von hier aus durch das ganze Problem zu brechen, anscheinend widerstanden. Noch 1791, in dem erwähnten Auszug aus seiner „Naturgeschichte“, den ein Schüler, Joh. Friedr. Gensichen, verfaßt, er selbst aber vor dem Druck durchgesehen und genehmigt hat, wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß es sich bei der Planeten- und Mond-

werdung um eine Wurfskraft handle, die „durch den von der allgemeinen Schwere verursachten Fall des zerstreuten Grundstoffs, nicht durch die Achsendrehung des Centralkörpers erzeugt worden".

Der Philosoph empfand die volle Genugthuung, endlich einer plausibeln mechanischen Auffassung der Kosmogonie wirklich den Weg gebahnt zu haben. „Wenn man sich," sagt er, „eines alten und unbegründeten Vorurteils und der faulen Weltweisheit entschlagen kann, die, unter einer andächtigen Miene, eine träge Unwissenheit zu verbergen trachtet, so hoffe ich, auf unwidersprechliche Gründe eine sichere Überzeugung zu gründen: daß die Welt eine mechanische Entwickelung, aus den allgemeinen Naturgesetzen, zum Ursprunge ihrer Verfassung, erkenne und daß zweitens die Art der mechanischen Erzeugung, die wir vorgestellet haben, die wahre sei." Vorurteil und „faule Weltweisheit" waren indessen vorläufig doch stärker, als der Weise von Königsberg sie veranschlagt hatte. Seine Ideen über den Weltenbau und das Weltenwerden mit all ihren vielfachen Anregungen, die sie geben konnten, verschollen. Und erst kurz vor Ausgang des Jahrhunderts trat ein neuer Kämpfer für eine rein mechanische Entwickelungshypothese der Sternenwelt auf den Plan: der Franzose Pierre Simon Laplace.



Pierre Simon Laplace
geb. 1749, gest. 1827.

Betrachtet man Laplace's feinen Kopf im Bilde, so erinnert er entfernt an Cuvier. Älter als dieser (Laplace wurde geboren am 28. März 1749), läuft er ihm doch in seinen ruhmvollsten Jahren genau parallel. Früh reif und früh berühmt, gehörte Laplace noch zu den „großen Männern"

der Napoleonischen Glanzzeit und, genau wie Cuvier, unbeirrt auch der nachfolgenden Restauration. 1799 unter Napoleon Minister des Innern, wurde er nachher Pair und Marquis. Als er am 5. März 1827 mit der gedankentiefen Sentenz auf den Lippen starb: „Was wir wissen, sind ein paar Kleinigkeiten, die Masse des Unbekannten aber ist unermeßlich groß", wurde auf öffentliche Kosten eine Gesamtausgabe seiner Werke veranstaltet und sein Haus als ein Heiligtum bewahrt, — die Kommune von 1871 hat es nachher doch zusammengeworfen. Eine solche Lebensbahn steht wie eine Sonne da neben der kleinen, durch ministerielle Krähwinkelei noch in später Stunde zum Marterweg gemachten Straße des preußischen Professors Kant zu Königsberg. Was Laplace sagte, das war ein goldenes Wort, dem die ganze Welt lauschte. Und als er von einer rein mechanischen Kosmogonie zu reden anhub, da schallte seine Stimme bis in die Stube jedes winzigsten Schulmeisterleins.

Die Weltbildungs-Hypothese, wie Laplace sie im sechsten Kapitel des fünften Buches seiner „Exposition du système du monde" (Grundriß des Weltenbaues) im Jahre 1796 gab, war der Form nach wenig mehr als ein rasch hingeworfenes Aperçu zum geistvollen Abschluß eines streng wissenschaftlichen Buches. Aber zu diesem Aperçu hatten innerlich doch die ganzen vierzig Jahre seit Kants bescheidenem Büchlein mitgewirkt: was Laplace in drei Worten wie spielend gab, enthielt nicht nur die Quintessenz des zur Zeit noch brauchbarsten aus Kants umständlichen Beweisführungen, sondern auch ein ganzes Teil Neues, zu dem Kant nicht vorgedrungen war.

Was Laplace bietet, ist, in gedrängtester Form, aber unzweideutig, die Theorie, die heute noch als „Nebularhypothese" in unseren Büchern figuriert. Im idealsten Sinne kann man sie eine geniale Verknüpfung der Kant'schen Saturn-Hypothese mit der Kant'schen Planeten- und Mond-Hypothese nennen. Im Realeren aber ist sie so sehr viel anders gewendet, wie es eben die vierzig Jahre, die dazwischen liegen, erwarten lassen: sie ist eigentlich ganz neu geworden. Es scheint durchaus nicht, als wenn Laplace von Kants Ideen irgendwelche Kenntnis gehabt hätte. Wußte doch selbst der deutsche, aber in England ansässige Herschel nichts von dem Königsberger. Nur darin mag ein gewisser Zirkel sich beschließen, daß Laplace an seinen Landsmann Buffon anknüpfte, den allerdings auch Kant gelesen hatte und citiert.

Auch Laplace löst sein Problem zunächst beim Planetensystem, um von hier aus dem universalen kosmischen Problem näher zu dringen. Und seine Beweisführung stützt sich zunächst genau auf das, was auch Kant herangezogen hatte. Alle Planeten bewegen sich von West nach Ost in nahezu derselben Ebene um die Sonne, alle Monde in gleicher Richtung und Ebene um ihre Planeten, alle Planeten, Monde und die Sonne selbst, soweit

bekannt, in gleicher Richtung und nahezu gleicher Ebene um sich selbst. „Ein so außerordentliches Phänomen“ meint Laplace, „kann nicht Werk des Zufalls sein: es bezeugt eine Generalursache, die alle jene Bewegungen bestimmt hat.“ Die Wahrscheinlichkeitsziffer dafür ist eine überwältigende. Das Planetensystem bietet uns dreiundvierzig gleichartige Bewegungen. „Das macht eine Wahrscheinlichkeit von viertausend Milliarden gegen eins dafür, daß diese Anordnung keine Zufallsfügung sein kann. Damit ist aber eine Wahrscheinlichkeit erreicht, die wohl die der sichersten Fakten der Geschichte, an denen sich kein Mensch Zweifel gestattet, übersteigt.“ Dazu kommt die verhältnismäßig geringe Excentricität der sämtlichen Planetenbahnen, die auch nicht auf Zufall beruhen kann. Buffon hatte die Hypothese aufgestellt, die Planeten seien Stücke der Sonne, die ein Komet losgerissen. Das würde die Einheit der Ebene erklären, aber die der Bewegungsrichtung nicht, und auch sonst unterliegt die Hypothese schweren Fragen. Aber wie wäre folgendes. Wenn es nun eine Zeit gab, da die jetzt leeren Planetenräume alle gleichmäßig mit feinem Stoff erfüllt waren, der die Masse der Planeten und Monde in höchster Verdünnung enthielt und mit der um ihre Achse bewegten Sonne von West nach Ost rotierte? Diese fein zerteilte Masse verhielt sich zur Sonne wie eine riesige Atmosphäre. Vielleicht hatte sich infolge einer enormen Temperaturerhöhung, ähnlich der, die einst den Stern des Tycho jäh aufflammen ließ, diese Atmosphäre so ungeheuer weit verflüchtigt. Allmählich, mit zunehmender Erkaltung, ist die Atmosphäre dann wieder zurückgegangen. An ihrem alten Ort aber laufen die Planeten. Wie verhalten sie sich zu ihr? „Wären diese Körper,“ sagt Laplace, „von außen in die Sonnenatmosphäre eingedrungen, so hätte der Widerstand, den diese ihnen entgegensetzte, sie zum Sturz in die Sonne gebracht. So muß man also zu der Konjektur greifen, daß die Planeten sich an den zurückweichenden Grenzen dieser Atmosphäre gebildet haben, als Verdichtungen aus den Ringen, welche die Atmosphäre bei zunehmender Abkühlung und Verdichtung in der Ebene ihres Äquators zurücklassen mußte.“ An einer früheren Stelle des Laplace'schen Buches ist eingehend dargelegt, daß die mitrotierende Atmosphäre eines rotierenden Körpers nach den Gesetzen der Centrifugalkraft an den Polen abgeplattet, am Äquator vorgeschwollen sein muß. Zieht die Atmosphäre sich — etwa infolge von Erkalten, zusammen, so wird die Rotation schneller, und die Atmosphäre muß jetzt in der Gegend des Äquators lose Ringe verlieren: ihre äußersten Teile, bei denen die nach Befreiung ringende Schwungkraft und die Schwere nach dem Centrum hin sich die Wage halten und die sich infolgedessen zu frei kreisenden Trabanten losreißen. Ähnlich so rissen sich voreinst glühende Dampfringe von der riesigen, aber langsam zusammensinkenden und dadurch zu schnellerer Rotation gebrachten Sonnenatmosphäre los. „Erkaltend konnten sie flüssige oder feste Ringe um die Sonne bilden.

Doch scheint es dazu im ganzen Sonnensystem nur einmal gekommen zu sein, nämlich relativ beim Saturn (d. h. als bei diesem der Abschleuderungsprozeß sich im kleinen, der Sonne analog, noch einmal wiederholte!) Im allgemeinen zerfielen die Ringe in feste Kugeln und, wenn eine davon stark genug war, die andern aufzusaugen, so gab's einen ordentlichen Planeten." Aus den Planeten entstanden entsprechend die Monde. Gewisse flüchtige



Entstehung der Planeten aus abgeschleuderten Ringen des Sonnen-Äquators
im Sinne der Hypothese des Laplace.

Man vergleiche das Bild auf S. 244 (Nebelfleck der Andromeda), das vielleicht einen ähnlichen Abwickelungsprozeß in perspektivischer Verzerrung darstellt, wie er sich wirklich im Weltraum zeigt. Die hier gebotene Skizze zur Veranschaulichung der Laplace'schen Idee ist natürlich nur eine ganz grobe, bei der auf Genauigkeit der Größenverhältnisse u. s. w. keinerlei Rücksicht genommen ist.

Teilchen, die sich regellos von der Sonnenatmosphäre weg verloren, ohne sich zu festen Massen sammeln zu können, fuhren dagegen fort, als loser Staubring um die Sonne zu kreisen und bildeten das, was wir heute als Phänomen des Zodiakallichts bewundern. Die Kometen dagegen haben sich wahrscheinlich nicht aus der Sonnenatmosphäre gebildet, sondern sind uns nur als Gäste aus dem fernen Weltraum genaht.

So, meist mit seinen eigenen Worten und ohne wesentliche Auslassungen, die Kosmogonie des Laplace. Selbst in den mit Zusätzen versehenen späteren Auflagen des „Système du monde" füllt sie noch nicht ganz fünf Quartseiten. Und ganz im Sinne des hingeworfenen Aperçus, beschließt sie der

kühle Rechner mit einem energischen Hinweis auf das Problematische aller solcher Streifereien jenseits der Beobachtung und exakten Rechnung; mit einem: „Verhalte es sich nun mit diesem Ursprung des



Hermann Helmholtz.
(Nach einer Radierung von Wilhelm Rohr in „Nord und Süd").

Planetensystems, wie es wolle, jedenfalls ...." geht er zur Tagesordnung über, nämlich zum Nachweis, daß das System jedenfalls jetzt so fest gegründet sei, daß es aus sich selbst heraus nicht gut wieder in die Brüche gehen könne.

Im großen und ganzen wird so viel klar geworden sein, daß die Laplace'sche Theorie in direkter Linie jene von Kant selbst verschmähte Fortbildung der Kant'schen Saturntheorie ist. Wie diese, setzt sie die

Rotation und die hochgradige Erwärmung als gegebene Fakten voraus, ohne auf die Ur-Physik der eigentlichen Kant'schen Weltbildungs-Hypothese irgendwie sich einzulassen. Das gangbare Sammelwort „Kant-Laplace'sche Nebular-Hypothese" ist also auf alle Fälle bloß ein historisches Gedächtniszeichen und als solches ganz wohlmeinend: sachlich aber faßt es sehr verschiedene Dinge unter einen Hut, und im praktischen Gebrauch wird durchweg absolut gar nichts anderes darunter verstanden als die strikt Laplace'sche Hypothese, die keineswegs mit der Kant'schen identisch ist. Und selbst die Laplace'sche Grundanschauung wird in der Regel noch in der einen oder andern Weise durch Zusätze erweitert oder wenigstens durch freieste Deutungen angefärbt. Als die, ich möchte sagen, endgiltig offizielle Fassung unter der Marke „Kant-Laplace'sche Hypothese" mag zum Abschluß hier noch die knappe Wiedergabe durch Hermann Helmholtz in seinem 1871 gehaltenen populären Vortrage über die „Entstehung des Planetensystems" wörtlich wiedergegeben sein. „Unser System war ursprünglich ein chaotischer Nebelball, in welchem anfangs, als er noch bis zur Bahn der äußersten Planeten reichte, viele Billionen Kubikmeilen kaum ein Gramm Masse enthalten konnten. Dieser Ball besaß, als er sich von den Nebelballen der benachbarten Fixsterne getrennt hatte, eine langsame Rotationsbewegung. Er verdichtete sich unter dem Einfluß der gegenseitigen Anziehung seiner Teile, und in dem Maße, wie er sich verdichtete, mußte die Rotationsbewegung zunehmen und ihn zu einer flachen Scheibe auseinandertreiben. Von Zeit zu Zeit trennten sich die Massen am Umfang dieser Scheibe unter dem Einfluß der zunehmenden Centrifugalkraft, und was sich trennte, ballte sich wiederum in einen rotierenden Nebelball zusammen, der sich entweder einfach zu einem Planeten verdichtete, oder während dieser Verdichtung auch seinerseits noch wieder peripherische Massen abstieß, die zu Trabanten wurden, oder in einem Fall am Saturn als zusammenhängender Ring stehen blieben. In einem anderen Falle zerfiel die Masse, die sich vom Umfang des Hauptballes abschied, in viele voneinander getrennte Teile und lieferte den Schwarm der kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter."

Es war nicht der Name des großen Laplace allein, was der Hypothese, nachdem sie einmal ungefähr diese Form angenommen, in den folgenden Jahrzehnten ein so beständig wachsendes Ansehen verschaffte. Selten ist eine als loses Aperçu hingeworfene Ansicht in so schlagender Weise durch die ganze erste Kette wenigstens der auf sie folgenden realen Entdeckungen unterstützt und gerechtfertigt worden. Ihre besten Beweise geradezu fanden sich ungewollt erst ein, als sie als „Hypothese" längst da war.

Für die rein mechanische Seite der Theorie, die Ringabsonderung bei beschleunigter Umdrehung, stellte sich ein sinnfälliges Beispiel dar in Experimenten, die der Physiker Antoine Ferdinand Plateau (geb. 1801 zu Brüssel) unternahm.

Wenn man eine weiche Thonkugel auf einer Drehbank zum Umschwung um ihre Achse bringt, so plattet sie sich oben und unten, an ihren „Polen", ab, die Mitte aber rings um den Äquator schwillt vor, und wenn die Geschwindigkeit der Drehung immer mehr gesteigert wird, fliegen schließlich dort die losen Fetzen fort. Die sogenannte „Centrifugalkraft" wirkt und reißt die äußersten Teile los. Diese Centrifugalkraft ist, recht besehen, keine besondere Art der „Kraft", — das Wort bezeichnet nur eine Erscheinung im Wechselspiel der Schwerkraft, die jedes Teilchen zum Centrum des schwereren Körpers senkrecht herabziehen möchte, und der Eigenbewegung des Teilchens, die es nach dem Verharrungsgesetze der Natur gradlinig vorwärts drängt. Je gewaltiger die Eigenbewegung wird, desto mehr erlahmt die Schwerkraft. Je intensiver der bewegende Stoß beispielsweise auf eine abgeschleuderte Kanonenkugel wirkt, desto weiter dehnt sich der Bogen, in dem sie zur anziehenden Erde wieder zurückfällt. Bei einer gewissen ungeheuerlichen Stoßkraft würde sie gar nicht mehr auf die Erdoberfläche zurückkehren, sondern als Mond die Erde gleichsam ewig „umfallen", d. i. umkreisen. Und wäre durch den Stoß gar auch noch der hierzu nötige kritische Punkt überstiegen, so flöge sie einfach gradlinig in den Weltraum hinaus: die Centrifugalkraft, d. h. das Überwiegen der gradlinig beharrenden Eigenbewegung über die Schwerkraft hätte zu völligem Siege geführt. Die Thonkugel zeigt das alles in gröbster Form. Macht man das Experiment aber sorgsam, mit besseren Stoffen, so erhält man einen Verlauf der Dinge, der im Prinzip vortrefflich der Idee des Laplace entspricht. Plateau warf einen großen flüssigen Tropfen aus Terpentin, Wachs und dergl., deren spezifisches Gewicht genau dem des Wassers entspricht, in ein Gefäß mit Wasser und versetzte dieses letztere in schnelle Rotation um seine Achse. Befand sich der Tropfen genau in der Mitte, also mit seinem Centrum fest in der Drehungsachse, so zeigte sich zunächst das schöne Phänomen der Abplattung an den Polen, des Anschwellens am Äquator auch hier, — endlich, bei zunehmender Geschwindigkeit der Drehung, aber löste sich rings vom Äquator ein loser Ring, der bei der geringsten Störung sich an einer Stelle verdickte, zerriß und, als kleinerer, kugelförmiger Tropfen, als „Mond" die Hauptmasse in der früheren Ringbahn umkreiste.

Das sinnreiche Experiment des Plateau trug in dieser Form nicht wenig dazu bei, der Ringbildungshypothese Ansehen zu verschaffen. Weit wichtiger aber waren die eigentlichen kosmischen Bestätigungen. Die Sonne erwies sich, seit man ihre oberflächliche Zusammensetzung mit Hilfe der Spektralanalyse direkt ergründen konnte, als noch heute umwogt von einer glühenden Nebelatmosphäre, in der eine sehr große Anzahl von Grundstoffen, die wir auch auf der Erde finden (Wasserstoff, Magnesium, Natrium, Eisen u. a.) in gasförmigem Zustande angetroffen werden. Das Wenige, was durch die Spektralanalyse über die Atmosphäre einiger Planeten bekannt

wurde, zeigte abermals wenigstens Anzeichen vom Vorhandensein irdischer Stoffe (Wasserdampf bei Mars u. a.). Die zu uns herabfallenden Meteoriten enthielten nur irdische Elemente. So trat also zu der Wahrscheinlichkeitsziffer für den gemeinsamen Ursprung, die Laplace aus der Gleichartigkeit der Bewegungen gewann, eine zweite aus der Gleichartigkeit der stofflichen Zusammensetzung. Die Bewegungsziffer selbst aber war ihrerseits noch ins Ungeheure angewachsen, da mit Uranus, Neptun, den Monden des Neptun und Mars und den paar hundert Planetoiden zwischen Mars und Jupiter (die Anzahl steigt hier noch beständig durch neue Entdeckungen) noch eine nie zu erwartende Masse ebenfalls von West nach Ost gerichteter Umläufe hinzugekommen war. Mancherlei Andeutungen hatten wenigstens zur Möglichkeit gemacht, daß die äußeren, großen Planeten noch heute unter einer wolkigen Dunsthülle einen mehr oder minder heißen Kern besitzen, — wozu lange Zeit nahezu unbestritten die Behauptung trat, daß der Erdball selbst noch einen Rest einstmaliger hoher Erhitzung als Centralfeuer in seinem Innern trage, dessen oberflächliche Äußerung wir in den noch thätigen Vulkanen vor Augen hätten. Vom Saturn-Ring mußte, je genauer man seine Teilungen und Ungleichheiten beobachtete und über die statischen Möglichkeiten nachdachte und experimentierte, immer evidenter werden, daß er unmöglich eine feste Masse darstellen könne, vielmehr entweder flüssig oder ein System von Staubringen aus unzähligen frei beweglichen Körperchen sein müsse, — was auch den Kant-Laplace'schen Ideen jedenfalls in die Hand arbeitete. Die Existenz der erstaunlichen Masse winziger, einander naher Planetoiden (Miniatur-Planeten) zwischen Jupiter und Mars zeigte einen ähnlichen, allerdings unzweideutig in wirkliche kleine Partikelchen zerfallenen Ring viel größerer Art sogar noch um die Sonne selbst, — falls man nicht vorzog, die Hypothese von Olbers anzunehmen, der meinte, es habe hier ehemals ein großer Planet wie alle andern sich aus einem Sonnenringe entwickelt, nachmals aber sei er durch eine Katastrophe in zahlreiche Fragmente zertrümmert worden.*) Für die Kometen wurde

*) Die Olbers'sche Hypothese ist auch für den Anhänger der Laplace'schen Theorie bei gegenwärtiger Lage der Dinge nicht gut mehr zu stützen. Als Bruchstücke eines einzigen Körpers müßten die paar hundert Planetoiden streng genommen in ihren Bahnen alle einen Schnittpunkt gemeinsam haben. Das ist schon nicht der Fall, es ließe sich aber einwerfen, daß die Nähe des gewaltigen Jupiter im Laufe der Zeiten die Bahnknoten auseinander gezerrt haben könne. Aber andere Voraussetzungen treffen ebenso wenig zu, ohne daß es plausible Ausnahmegründe gäbe. Keineswegs kommen, wie die Theorie verlangt, alle Planetoiden einmal auf ihrer Bahn in dieselbe Sonnennähe. Vollends die tollen Neigungen gegen die Ebene des Sonnenäquators bei so vielen Planetoiden (bei Pallas wächst die Neigung der Bahn gegen die Ebene, in der die Erde um die Sonne kreist, bis auf 34 Grade) bleiben völlig unerklärt, — sie sind allerdings auch für die Ringbildungstheorie im ganzen eine harte Nuß.

Kants Meinung von dem allmählichen Übergang der äußersten Planeten in Kometen allerdings mit Uranus und Neptun hinfällig. Dagegen gewann die Hypothese des Laplace, daß es sich hier nur um zufällig von der Sonne für einmal oder auch für immer festgehaltene Pilger aus der fernen Fixstern- oder Nebelwelt handle, immer mehr für sich, da die Eigenschaften der Kometen fort und fort komplizierter und allem Planetarischen unähnlicher wurden.

Sehr wesentliche Punkte endlich wurden noch zum Verständnis des ganzen Bildungsprozesses gewonnen durch die **Begründung des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft oder Energie.** Mit den hier einsetzenden Erörterungen betreten wir recht eigentlich den Boden der **Fortentwickelung** der Laplace'schen Ideen, der bereichernden **Zusätze**, die die Theorie erfuhr. Hören wir dazu den jedenfalls kompetentesten Berichterstatter, **Helmholtz**, der selbst zu den Mitentdeckern jenes grundlegenden Gesetzes gehört. „Alles Leben und alle Bewegung auf unserer Erde wird mit wenigen Ausnahmen unterhalten durch eine einzige Triebkraft, die der Sonnenstrahlen, welche uns Licht und Wärme bringen. Sie wärmen die Luft der heißen Zone, diese wird leichter und steigt auf, kältere fließt von den Polen nach. So entsteht die große Luftzirkulation der Passatwinde. Lokale Temperaturunterschiede über Land und Meer, Ebene und Gebirge greifen mannigfaltig abändernd ein in diese große Bewegung und bringen uns den launenhaften Wechsel des Windes. Warme Wasserdämpfe steigen mit der warmen Luft auf, verdichten sich als Wolken und fallen in kälteren Zonen und auf die schneeigen Häupter der Berge als Regen, als Schnee. Das Wasser sammelt sich in Bächen, in Flüssen, tränkt die Ebene und macht Leben möglich, zerbröckelt die Steine, schleppt ihre Trümmer mit fort und arbeitet so an dem geologischen Umbau der Erdoberfläche. Nur unter dem Einfluß der Sonnenstrahlen wächst die bunte Pflanzendecke der Erde auf, und während sie wachsen, häufen sie in ihrem Körper organische Substanz an, die wiederum dem ganzen Tierreich als Nahrung und dem Menschen insbesondere auch noch als Brennmaterial dient. Sogar die Steinkohlen und Braunkohlen, die Kraftquellen unserer Dampfmaschinen, sind Reste urweltlicher Pflanzen; alte Erzeugnisse der Sonnenstrahlen. **Aber woher bekommt die Sonne diese Kraft?** Sie strahlt intensiveres Licht aus, als mit irgend welchen irdischen Mitteln zu erzeugen ist. Sie liefert so viel Wärme, als wenn in jeder Stunde 1500 Pfund Kohle auf jedem Quadratfuß ihrer Oberfläche verbrannt würden. Von dieser Wärme, die ihr entströmt, leistet der kleine Bruchteil, der in unsere Atmosphäre eintritt, eine große mechanische Arbeit. Daß Wärme im stande sei, eine solche zu leisten, lehrt uns jede Dampfmaschine. In der That treibt die Sonne hier auf Erden eine Art von Dampfmaschine, deren Leistungen denen der künstlich konstruierten Maschinen bei weitem überlegen sind. Die Wasserzirkulation in der Atmosphäre nämlich

schafft, wie schon erwähnt, das aus den warmen tropischen Meeren verdampfende Wasser auf die Höhe der Berge, sie stellt gleichsam eine Wasserhebungsmaschine größter Art dar, mit deren Leistungsgröße keine künstliche sich auch nur im entferntesten messen kann. Ich habe vorher schon das mechanische Äquivalent der Wärme angegeben. Darnach berechnet, ist die Arbeit, welche die Sonne durch ihre Wärmestrahlung leistet, gleichwertig der fortdauernden Arbeit von 7000 Pferdekräften für jeden Quadratfuß der Sonnenoberfläche. Längst hatte sich den Technikern die Erfahrung aufgedrängt, daß man eine Triebkraft nicht aus nichts erzeugen kann, daß man sie nur aus dem uns dargebotenen, fest begrenzten und nicht willkürlich zu vergrößernden Vorrate der Natur nehmen kann, sei es vom strömenden Wasser oder vom Winde, sei es aus den Steinkohlenlagern oder von Menschen und Tieren, die nicht arbeiten können, ohne Lebensmittel zu verbrauchen. Diese Erfahrungen hat die neuere Physik allgemeingiltig zu machen gewußt, anwendbar für das große Ganze aller Naturprozesse und unabhängig von den besonderen Interessen der Menschen. Sie sind verallgemeinert und zusammengefaßt in dem allbeherrschenden **Naturgesetze von der Erhaltung der Kraft**. Es ist kein Naturprozeß und keine Reihenfolge von Naturprozessen aufzufinden, so mannigfache Wechselverhältnisse auch zwischen ihnen stattfinden mögen, durch welchen eine Triebkraft fortdauernd ohne entsprechenden Verbrauch gewonnen werden könnte. Wie das Menschengeschlecht hier auf Erden nur einen begrenzten Vorrat von arbeitsfähigen Triebkräften vorfindet, den es benutzen, aber nicht vermehren kann, so muß es auch im großen Ganzen der Natur sein. Auch das Weltall hat seinen begrenzten Vorrat an Kraft, der in ihm arbeitet unter immer wechselnden Formen der Erscheinung, unzerstörbar, unvermehrbar, ewig und unveränderlich wie die Materie. Auf Erden sind die Verbrennungsprozesse die reichlichste Quelle von Wärme. **Kann vielleicht die Sonnenwärme durch einen Verbrennungsprozeß entstehen? Diese Frage kann vollständig und sicher mit Nein beantwortet werden;** denn wir wissen jetzt, daß die Sonne die uns bekannten irdischen Elemente enthält. Wählen wir aus diesen die beiden, welche bei kleinster Masse durch ihre Vereinigung die größte Menge Wärme erzeugen können, nehmen wir an, daß die Sonne aus Wasserstoff und Sauerstoff bestände, in dem Verhältnis gemischt, wie diese bei der Verbrennung sich zu Wasser vereinigen. Die Masse der Sonne ist bekannt, die Wärmemenge ebenfalls, welche durch Verbindung bekannter Gewichte von Wasserstoff und Sauerstoff entsteht. Die Rechnung ergiebt, daß unter der gemachten Voraussetzung die durch deren Verbrennung entstehende Wärme hinreichen würde, die Wärmeausstrahlung der Sonne auf 3021 Jahre zu unterhalten. Das ist freilich eine lange Zeit; aber schon die Menschengeschichte lehrt, daß die Sonne viel länger als 3000 Jahre geleuchtet und gewärmt hat, und die Geologie

läßt keinen Zweifel darüber, daß diese Frist auf Millionen von Jahren auszudehnen ist. Die uns bekannten chemischen Kräfte sind also in so hohem Grade unzureichend, auch bei den günstigsten Annahmen, eine solche Wärmeerzeugung zu erklären, wie sie in der Sonne stattfindet, daß wir diese Hypothese gänzlich fallen lassen müssen. Wir müssen nach Kräften von viel mächtigeren Dimensionen suchen." Helmholtz wirft hier abschwenkend zuerst die Frage auf, ob beständig herabstürzende Meteoriten, deren Bewegung sich beim Aufprall in Wärme umsetzt, die Sonne „heizen" könnten. Diese Theorie stammt von dem Manne, der noch vor Helmholtz das Gesetz von der Erhaltung der Energie ausgesprochen, Robert Mayer. Indessen ist Helmholtz der Meinung, daß unter keinen Umständen die ganze Wärmeausgabe der Sonne, sondern höchstens ein Teil so ersetzt werden könne. Also muß noch eine fundamentalere Quelle thätig sein — und sie findet sich eben in einem Gedanken, der eng in die Laplace'schen Ideen hineinwächst. Helmholtz fährt fort: „Wenn nun keine gegenwärtig uns bekannte Kraftleistung ausreicht, die Ausgabe der Sonnenwärme zu decken, so muß die Sonne von alter Zeit her einen Vorrat von Wärme haben, den sie allmählich ausgiebt. Aber woher dieser Vorrat? Wir wissen schon, nur kosmische Kräfte können ihn erzeugt haben. Da kommt uns die vorher besprochene Hypothese über den Ursprung der Sonne zu Hilfe. Wenn die Stoffmasse der Sonne einst in den kosmischen Räumen zerstreut war, sich dann verdichtet hat, das heißt unter dem Einfluß der himmlischen Schwere aufeinander gefallen ist, wenn dann die entstandene Bewegung durch Reibung und Stoß vernichtet wurde, indem sie Wärme erzeugte, so mußten die durch solche Verdichtung entstandenen jungen Weltkörper einen Vorrat von Wärme mitbekommen von nicht bloß bedeutender, sondern zum Teil von kolossaler Größe. Die Rechnung ergiebt, daß bei Annahme der Wärmekapacität des Wassers für die Sonne die Temperatur auf 28 Millionen Grade hätte gesteigert werden können, wenn diese ganze Wärmemenge jemals ohne Verlust in der Sonne zusammen gewesen wäre. Das dürfen wir nicht annehmen; denn eine solche Temperatursteigerung wäre das stärkste Hindernis der Verdichtung gewesen. Es ist vielmehr wahrscheinlich, daß ein guter Teil dieser Wärme, der durch die Verdichtung erzeugt wurde, noch ehe diese vollendet war, anfing hinauszustrahlen in den Raum. Aber die Wärme, welche die Sonne bisher durch ihre Verdichtung hat entwickeln können, würde zugereicht haben, um ihre gegenwärtige Wärmeausgabe auf nicht weniger denn 22 Millionen Jahre der Vergangenheit zu decken. Und die Sonne ist offenbar noch nicht so dicht, wie sie werden kann. Die Spektralanalyse zeigt uns die Anwesenheit großer Eisenmassen und anderer bekannter irdischer Gebirgsbestandteile in ihr an. Der Druck, der ihr Inneres zu verdichten strebt, ist etwa 800 mal so groß, als der im Kern der Erde, und doch beträgt die Dichtigkeit der

Sonne, wahrscheinlich infolge ihrer ungeheuer hohen Temperatur, weniger als ein Viertel von der mittleren Dichtigkeit der Erde. Wir dürfen es deshalb wohl für sehr wahrscheinlich halten, daß die Sonne noch fortschreiten wird in ihrer Verdichtung, und wenn sie auch nur bis zur Dichtigkeit der Erde gelangt — wahrscheinlich aber wird sie wegen des ungeheuren Druckes in ihrem Innern viel dichter werden —, so würde dies neue Wärmemengen entwickeln, welche genügen würden, für noch weitere 17 Millionen Jahre dieselbe Intensität des Sonnenscheins zu unterhalten, welche jetzt die Quelle alles irdischen Lebens ist."

Hand in Hand mit diesen und ähnlichen Bestätigungen und Ergänzungen innerhalb des Planetensystems gingen solche für die Allgemeingiltigkeit der Ringbildungs- und Urnebelhypothese im ganzen weiteren Weltall. Besonders Ideen Kants waren es, die sich hier zu bewahrheiten schienen. Zunächst fanden sich unzweideutige Beweise, daß die Einheit des Gravitationsgesetzes sich auch auf fernste Fixsternsysteme ebenso erstreckte wie das Bereich unseres Sonnensystems. Seit 1776 vertiefte sich des alten Herschel weltenträtselndes Kennerauge in das Wunder der Doppelsterne. Man war damit auf Fixsternsysteme geraten, in denen zwei oder mehr Körper einander den Gesetzen der Schwere entsprechend gefesselt hielten. Über die auch bei den Fixsternen und selbst den Nebelflecken vorhandene Übereinstimmung der Stoffe mit denen auf Sonne und Erde belehrte in der Folge nicht minder unzweideutig die Spektralanalyse. Jene in ihrer Schlichtheit so einleuchtende Hypothese Kants, daß unsere Sonne samt allen für uns getrennt sichtbaren Fixsternen zusammen ein dem Planetensystem ähnliches System höheren Grades von ähnlich flacher linsenförmiger Gestalt (mit einer den meisten Sternen gemeinsamen Hauptebene) darstelle, fand den wachsenden Beifall zahlreicher Astronomen. Wie man sich aus den früheren Citaten nach Kant erinnert, ist bei dieser Betrachtungsweise die Anhäufung der Sterne zum hellen Ring der Milchstraße bloß ein optisches Phänomen, hervorgerufen durch den Stand des irdischen Beschauers, der hier in der Ebene dieses Ringes durch die großen Achsen der flachen Linse schaut und die Sterne also perspektivisch scheinbar eng nebeneinander gedrängt sieht. Auch Wilhelm Herschel stellte — von Kant ganz unabhängig — 1784 genau diese Ansicht als seine eigene auf und meinte, daß sich mit ihr „sehr befriedigend sämtliche Erscheinungen der Milchstraße erklären" ließen. Welche enorme Förderung ebenfalls durch Herschel die Kenntnis von den Nebelflecken erfuhr, ist bereits im vorigen Kapitel erzählt worden. Und es war auch hier Förderung durchaus im Sinne Kants. In den Nebelflecken zeigten sich Keime, Embryonen werdender Fixsternsysteme. Die Spektralanalyse wies, allerdings viel später, nach, daß es sich bei einem Teil um wirkliche glühende Gasmassen handele. Unter den äußerlichen Formen fanden sich unanzweifelbar solche, die wie direkte

Illustrationen zu Laplace aussahen. Betrachtet man die runden planetarischen Nebel (vergl. das Bild S. 272), so erscheint der anfängliche Zustand, wie ihn Laplace fordert: eine Ursonne, deren Atmosphäre sich rundum nebelartig in die Weite dehnt und noch nicht zu Planeten zerrissen ist. Der schönste Typus einer solchen Planetenbildung in vollem Gange mit konzentrischen Ringen und auch bereits ganz aufgerollten Planeten ist der große Andromedanebel auf S. 244. Wäre die Laplace'sche Theorie nicht da, so möchte man sie eigens für ihn erfinden, und es ist grade in diesem Falle nicht die Willkür irgend eines Zeichners, sondern die unbestechliche Wahrheitstreue einer photographischen Platte, die das Wunder weist.

Auch nach dieser Seite übrigens, in seiner das Planetensystem weit überschreitenden kosmischen Verallgemeinerung, hat der Laplace'sche Ideengang seine theoretischen Ergänzungen erhalten. Laplace hatte, wie wir gesehen, bei seiner originalen Verwertung der Kant'schen Saturntheorie für die Planetenbildung unbedenklich jene Konzession gemacht, die Kant für seine Entstehung der Saturnringe ebenfalls fordert: die Konzession nämlich, daß man der Ur-Sonne, deren Atmosphäre sich bis zur fernsten Planetenbahn ausdehnte, von Anfang an eine Drehung um ihre Achse von West nach Ost zugestand. Auf die Frage, woher diese Bewegung stamme, war Laplace nicht eingegangen. Hier suchten nun die im übrigen zustimmenden Nachfolger die Theorie noch um einen Schritt Weges zu erweitern. Ein wertvoller Gedanke dieser Art, von dem etwas schon Kant vorschwebte, ist der, daß unter den anfänglich im All zerteilten Nebelmassen eine Art „Kampf ums Dasein" aus der Triebfeder der Gravitation heraus stattgefunden habe, bei dem die einzelnen Nebel so lange zu einander stürzten, bis die Hauptmassen sich gegenseitig durch feste Anziehungsverhältnisse gleichsam in Harmonie gebracht hatten und in der Schwebe hielten. Bei jenem anfänglichen Auseinanderprallen wird nun nicht oft der eine den andern genau im Centrum der Schwere getroffen haben, da der Einfluß benachbarter Nebel ihn meist ablenkte und zu schiefem Stoß brachte. Solche schiefen Stöße aber erzeugten Achsenumdrehung wie bei einer Billardkugel. Man mag sich das nun im einzelnen so kühn ausmalen, wie man will: jedenfalls zeigten die Versuche, daß man auch mit rein hypothetischer Zuthat noch mancherlei an den Schlüssen des Laplace weiter bringen und verbessern könne, wenn nur spekulativer Mut und verbesserte Kenntnis der mechanischen Grundbedingungen aller Bewegungserscheinungen sich in die Hände arbeiten wollten.*)

*) Von Friedrich Weiß („Gesetze der Satellitenbildung", Gotha 1860) sind alle möglichen Versuche gemacht worden, die Mechanik der Laplace'schen Ringbildungstheorie in helleres Licht zu setzen. Weiß hat sich unter anderem sehr eingehend mit dem Problem beschäftigt, wie das Aufrollen der Planetenkugeln aus den Ringen zu stande gekommen sein könnte. Er denkt sich alle

Das Produkt der ganzen hier skizzierten Umstände ist die Thatsache, daß die Laplace'sche Nebularhypothese zu dieser Stunde noch ein sehr hohes, in weiteren Kreisen ein sogar nahezu unbestrittenes Ansehen besitzt. **Häckel** in dem nach allen Seiten kühn abgerundeten Naturgemälde seiner „Natürlichen Schöpfungsgeschichte“ (ich citiere stets nach der achten Auflage 1889) betont, daß „**diese bewundernswürdige Theorie mit allen uns bis jetzt bekannten allgemeinen Erscheinungsreihen in bestem Einklang stehe**“ und den großen Vorzug besitze, „rein mechanisch oder monistisch“ zu sein, da sie „ausschließlich die ureigenen Kräfte der ewigen Materie für sich in Anspruch nehme und jeden übernatürlichen Vorgang, jede zweckmäßige und bewußte Thätigkeit eines persönlichen Schöpfers ausschließe“. Aber Häckel wagt doch gleich hinterher die Andeutung nicht zu unterdrücken, daß der Theorie doch auch einige Schwächen anhaften: „**vielleicht** war diese Entwickelung (der Sonnensysteme und unseres Planetensystems) in der That **eine ganz andere**“. Die sonst noch aufgestellten mechanischen Kosmogonien, meint er, bieten nur vorläufig **noch** größere Schwierigkeiten als die Laplace'sche.

Diese Sätze mit ihrem schwankenden Für und Wider treffen, wie heute die Dinge liegen, durchaus das Richtige. Wenn es wahr ist, daß eine große Reihe erst **nach** Laplace gefundener Thatsachen sich überraschend der Hypothese einordnen, so ist doch auch nicht minder wahr, daß eine ganze Anzahl zu ihr mehr **als neutral** stehen und jedenfalls eine **Fülle verwickelter Hilfshypothesen nötig machen**. Einiges hierher Gehörige wenigstens mit zu verzeichnen, ist um so mehr Pflicht, als es den Laien überall **vor dem „Dogma“ zu warnen** gilt. Es ist ein sehr gewöhnlich

---

die Ringe von Beginn an als **sehr excentrisch**, d. h. als starke Ellipsen statt echter Kreise, bei denen jedes Teilchen des rotierenden Ringes bald sehr nahe an der Sonne rapid vorbeisaust (im sogenannten „Perihelium“, der „Sonnennähe“), bald viel weiter von ihr ab langsamer dahinwandelt (im „Aphelium“, der „Sonnenferne“; vergl. das Bild S. 148, das die Verhältnisse einer solchen Ellipse deutlich zeigt: ganz rechts steht der kreisende Körper im Aphel, ganz links im Perihel, und nach dem zweiten Kepler'schen Gesetz muß er im Aphel langsamer laufen als im Perihel, — wie es a. a. O. eingehender erläutert ist). War das der Fall, so lag die Wahrscheinlichkeit nahe, daß sich bei der jedesmal erneuten und nicht so rasch auszugleichenden Stauung im Aphel endlich dort ein fester Knoten bildete: der Keim des Planeten. Bei der Unsicherheit des ganzen Terrains sind aber auch Weiß' Studien nicht über ein feines Spiel mit allerlei Halbwerten hinausgekommen und haben jedenfalls die absolute mechanische Begründung der Ringhypothese durchaus nicht zu liefern vermocht, so viel Arbeit auch darauf verwandt worden ist. In neuerer Zeit ist speziell gegen jede Knotentheorie innerhalb der Ringe von **Kirkwood** geltend gemacht worden, daß die aus kleinen Ballungen resultierende Ansammlung der Ringe zu Planeten jedenfalls eine Zeit bis in die Hunderte von Millionen Jahren nötig gehabt hätte, um es auch nur zu einem ersten Planeten zu bringen. So bietet in diesem Nebellande immer ein Gedanke dem andern Schach!

zu beobachtender Fall, daß in Kreisen, die nur mittelbar an der Wissenschaft teilnehmen, grade gewisse Hypothesen, die der Forscher stets nur mit aller Reserve als vorläufige Anhaltspunkte benutzt, als unanfechtbarste Resultate aufgefaßt und, zu reinen Dogmen versteinert, blind von Hand zu Hand gegeben werden. Handelt es sich dabei um eine gute Hypothese die nicht grade bloß für einen Tag gezimmert ist, so ist die Verwechslung mit einem wirklichen Resultat an sich noch nicht so sehr gefährlich. Aber in hohem Grade bedenklich ist dabei eine in der Regel unvermeidliche Begleiterscheinung. Auch der besten Hypothese kann ihre Stunde von Damaskus schlagen, da ihre Weisheit hohl wird und der Kunstbau einstürzt. Der ganze so schön emporleitende Weg der Erkenntnisforschung ist mit Trümmern gefallener Vorvermutungen bestreut. Der Ehre der Wissenschaft thut das gar keinen Eintrag, und grade die Art, wie einige große Hypothesen im redlichsten Kampfe gefallen sind, verdient unsere Achtung in allerhöchstem Maße. Der Laie aber, dem die Hypothese ein Dogma geworden, glaubt mit solchem Fall jedesmal den Zusammenbruch der ganzen Naturforschung zu erleben. Will es sein Unglück, daß er sich seine Kosmogonie aus einem Dutzend blind auswendig gelernter Dogmen jener Art zusammengestoppelt hat und daß nun der Wind der Wahrheit und des Wissensfortschritts grade in diese Dogmen bläst und sie als Kartenhäuser auf den Boden reißt, so pflegt das Leid groß zu sein: die ganze Wissenschaft gilt als „geschlagen", und der Kleinmütige jammert, daß kein Verlaß auf die Herren Naturforscher sei, deren ganze Lehre in der Stunde der Gefahr sich als auf den Sand gebauter Hypothesentrug ausgewiesen habe. Der Schluß ist natürlich ein Trugschluß gröbster Art. Aber gemacht wird er alle Tage. Und um ihn zu verhüten, ist es allerdings sehr nötig, selbst eine Hypothese, wie die Laplace'sche, immer als vagen Spaziergang ins Reich der Vermutungen scharf zu kennzeichnen, — womit keineswegs nun auch gesagt ist, daß man sich die Freude an solcher etwas kühnen Spekulation selbst dadurch rauben lassen solle. Die Freude am harmonischen Zusammenschluß zu einem Ganzen ist an sich vielmehr ein sehr berechtigter Faktor, der, richtig behandelt, in seiner Tragweite gar nicht überschätzt werden kann. Betrachten wir also die „kritischen" Punkte der Laplace'schen Theorie ohne Verhüllungen, aber auch ohne unmotivierte Angst.

Zweitausendachthundertundsechzig Millionen Kilometer von der Sonne entfernt, wandelt die glänzend grüngraue Scheibe des Planeten Uranus. Ihre Entdeckung gründete einst Wilhelm Herschels Ruhm. Herschel war es auch, der, genau fast um die Zeit, da Laplace seine Ideen über Kosmogonie veröffentlichte, im letzten Jahrzehnt des vorigen Jahrhunderts, in der Welt der winzigen Monde, die diesen Planeten umkreisen, die erste große Ausnahme in der einheitlichen Bewegungsrichtung des Planetensystems feststellte. Titania und Oberon, die beiden später auch von andern

wiedergefundenen äußeren Monde des Uranus, bewegen sich in einer Ebene, die nahezu senkrecht auf der Bahnebene der übrigen Planeten und Monde des Sonnensystems steht, in der Richtung von Ost nach West. Die senkrechte Stellung teilen ebenso die inneren, von Lassell entdeckten Uranusmonde, die veränderte Bewegungsrichtung auch der Mond des Neptun.

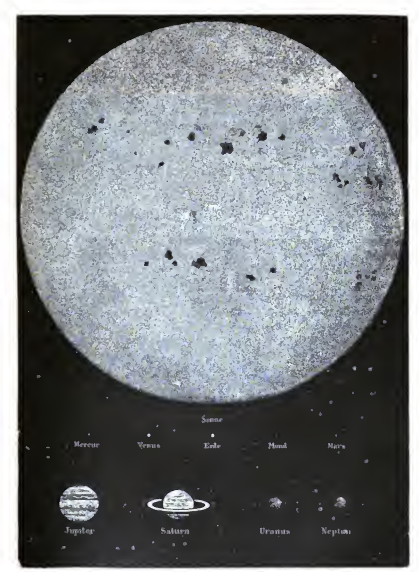
Die vollkommene Einheit der Bewegungsrichtung und die annähernde Einheit der Bewegungsebene, auf denen Kant wie Laplace fußten, ist hier also schon innerhalb des Planetensystems unanzweifelbar durchbrochen. Bedenkliche Verstöße gegen die Einheit der Bahnebene bieten, wenn schon nicht bis zu dieser Höhe, auch einige der kleinen Planetoiden zwischen Jupiter und Mars: bei Phoeäa zeigen sich über 21, bei Niobe 23, Euphrosyne 26, ja bei Pallas gar 34 Grad Neigung der Bahnebene gegen die Ebene der Erdbahn, von der keiner der großen Planeten um mehr als 7 Grad (Merkur), die meisten bloß um 1 oder 2 Grad abweichen. Von Leverrier ist allerdings darauf hingewiesen worden, daß bei Merkur die starke Bahnneigung durch den Einfluß von Venus und Erde, bei den Planetoiden durch Störungen seitens des nahen Riesen Jupiter erklärt werden könne. Aber selbst ohne diese Ausnahmen würde die Laplace'sche Wahrscheinlichkeitsrechnung auf Grund der Richtungs- und Ebenen-Gleichheit (vergl. S. 327) noch keinen absolut zwingenden Schluß auf den notwendig gemeinsamen Ursprung aller Planeten aus den Äquatorteilen einer von West nach Ost rotierenden Urmasse erlauben. Der Schluß wäre nämlich nur dann völlig zwingend, wenn die Bewegung aller Planeten auf ihrer Bahn von West nach Ost gar keine direkte Notwendigkeit für den gegenwärtigen Bestand des Planetensystems hätte. In Wahrheit steht und fällt aber, wie die Dinge jetzt uns vor Augen liegen, der ganze herrliche Mechanismus dieses Himmelsuhrwerks neben anderm auch mit jener Bewegungseinheit. Der Gedankengang, der sich hier aufthut, ist ein sehr interessanter. Und es ist zum Überfluß grade Laplace selbst gewesen, der ihn in seinen bahnbrechenden Arbeiten über die himmlische Mechanik mit Nachdruck angeregt hat.

Das Planetensystem, wie es sich gegenwärtig uns erschließt und unsere Rechnungen ermöglicht, ist ein Wunderwerk von Stabilität, d. h. von gesetzmäßiger Festigkeit. Ob es ewig so bleiben wird, hängt von kosmischen Einflüssen, von der Beschaffenheit des raumerfüllenden feinen Stoffs zwischen den Planeten, von Erkaltungsphänomenen der einzelnen Glieder u. s. w. ab, die wir heute noch fast gar nicht kennen. Aber von ihnen abgesehen ist der bestehende Mechanismus in der Theorie ein wahres Kunstwerk an Harmonie der Teile. Er leistet das fast Unglaubliche, eine Zahl von mehreren hundert Körpern sehr ungleichen Gewichts, sehr ungleicher Geschwindigkeit und noch sonstiger starker individueller Ungleichheiten so um den Centralkoloß der Sonne herum zu balancieren, daß schlechterdings keine gegenseitigen Störungen von einer Dimension entstehen können, die Caram-

bolagen unvermeidlich machte. Einem Beschauer auf hoher Warte, der das Ganze überblickte und sich Zeit nehmen könnte, müßten die rein mechanischen Selbstregulierungen dieses Riesenapparates, das zauberhaft klappende Ausweichen, Sichnähern, Aneinanderhinschweben und Sichvertragen dieser paar hundert grundverschiedenen Kugeln im totenstillen, hindernisfreien Raume ein Schauspiel gewähren, für dessen mathematische Herrlichkeit jedes Wort erlahmt. Bei längerer Beobachtung würde er aber auch bemerken, daß zum Zustandekommen dieses Wunders kein winzigster Umstand belanglos ist, vielmehr alles und jedes an Bewegungen dem großen „Klappen" des Ganzen als oberstem Zweck unterthan ist. Weit zu der Außengrenze des Systems vorgeschoben, rollen nahe bei einander die Riesen der Planetenschar dahin: Jupiter und Saturn. Aber ihre Vereinigung, die bedrohlich sein könnte, ist nur eine scheinbare. In Wahrheit reguliert einer den andern und hemmt seine Übergriffe gegenüber den kleinen, sonnennahen Planeten. Zu Anfang des siebzehnten Jahrhunderts erkannte man zuerst, daß die Bahn des Jupiter sich beständig erweitere, die des Saturn verenge. Liefen hier die beiden Riesen zum weltzertrümmernden Zweikampf aufeinander los? Laplace löste das bange Rätsel: grade in diesen Schraubenbewegungen arbeitete die rettende Selbstregulierung. Die Näherung, in Wahrheit nur periodisch, mußte von bestimmtem Fleck ab wieder in ihr Gegenteil umschlagen. In einem Cyklus von rund 900 Jahren wickelte sich die große Schraube auf und ab. Noch hundertfünfzig Jahre hatten wir das Annäherungs-Schauspiel vor uns, — dann setzte der Umschlag korrekt wie bei der feinsten Maschine ein. Sucht man aber nun weiter nach solchen Elementen, die die Stabilität des Ganzen ermöglichen, so finden sich als die entscheidendsten Faktoren: die Unveränderlichkeit der großen Achsen der Planetenbahnen; die mittlere Entfernung jedes Planeten von der Sonne ändert sich nie und mit ihr bleibt, nach dem dritten Kepler'schen Gesetze (vergl. S. 149), die Umlaufszeit der Planeten konstant. Ferner die Verteilung der Massen: die Masse keines Planeten übersteigt 1/1048 der Sonnenmasse. Weiter die Thatsache, daß die Umlaufszeiten sämtlicher Planetenbahnen unter sich inkommensurabel sind, d. h. sich nie zu einander wie ganze Zahlen verhalten, was das dauernde, gefahrbringende Anwachsen von Störungen hintertreibt; wo, wie bei einzelnen der Planetoiden zwischen Mars und Jupiter, Annäherungen an kommensurabele Verhältnisse sich finden, häufen sich auch gleich Störungswirkungen, die sich in enormen Bahnneigungen und Excentricitäten geltend machen und nur deshalb relativ harmlos bleiben, weil die Massen dieser Planetoiden so winzig sind. Und endlich denn auch das Faktum, daß die große Menge aller Planeten sich in einer Richtung und nahezu derselben Ebene sowohl um sich selbst, wie auch mäßig elliptisch um die Sonne bewegt. Für diese letzte Stabilitätsbedingung ist es von Interesse zu sehen,

daß ihre stärksten Ausnahmen, z. B. die außerordentlichste Streckung der Ellipse und die höchst gesteigerte Neigung der Bahnebene, sich bei den relativ kleinsten, also ungefährlichsten Planeten (Merkur und den Planetoiden, die Ellipsenstreckung auch bei Mars) finden; bei den größten würde die Ausnahme nicht durchschlüpfen können, vielmehr alles in Verwirrung setzen. Es ist nun klar, daß, wenn die ungefähre Bewegungs- und Ebeneneinheit im System solchermaßen zu den Forderungen der Stabilität, also den Existenzbedingungen des Ganzen gehört, die Laplace'sche Beweisführung für die Kosmogonie an Kraft einbüßt. Es ist durchaus nicht bewiesen, daß alle Kugeln von Anfang an in derselben Richtung liefen. Der gegenwärtige Zustand kann im Sinne Darwins einfach das Resultat einer „natürlichen Auslese des Passendsten“ sein, bei der so lange Carambolagen statt hatten und Planeten sich zertrümmerten oder in die Sonne abstürzten, bis thatsächlich eine Partei: die rechtläufige und in der Äquatorebene verharrende, den Sieg errungen hatte und die Störenfriede ausgemerzt waren. Wie man sich übrigens erinnern wird, ist diese „Kampf ums Dasein-Theorie“ der ursprünglichen Kant'schen Auffassung gar nicht fremd. Daß Wahrscheinlichkeiten ganz realer Art für das vielleicht Jahrbillionen lange Toben eines solchen Säuberungsprozesses vorliegen, kann man auch nicht grade rund ableugnen. Der ganze Raum zwischen den Planeten wimmelt offenbar von formlosen Trümmerstücken, die alltäglich als Meteoriten auf die Erde herabsausen oder in ihrer oberen Atmosphäre als Sternschnuppen durch die Reibungshitze verpuffen. Stellenweise kreisen solche Meteoriten zu Millionen in regelrechten Staubringen um die Sonne. Alle dreiunddreißig Jahre kreuzt die Erde einen solchen Ring und erlebt das Schauspiel eines Sternschnuppen-Feuerwerks grandiosester Art. Schon Laplace hielt das Zodiakal- oder Tierkreislicht, das zu den rätselhaftesten Dingen zwischen Himmel und Erde gehört, die der Astronom kennt, für den zarten Schimmer eines ähnlichen Meteoritenringes, wogegen sich allerdings neuere Forschung wieder sträubt. Die Planetoidenmasse zwischen Mars und Jupiter hat im Grunde selbst verzweifelte Ähnlichkeit mit einem Kolossalring verwandter Sorte: einer Art Auskehricht, den der große Kampf um die Ausgleichung der Störungen hier, nahe dem Koloß des Systems, zusammengeweht.

Diese Auswahl durch Konservierung des Passenden und Absturz oder Zerstäubung des Widrigen würde übrigens auch die direkte Erklärung für etwas geben, was auch wohl der Ringbildungs-Hypothese als Einwurf entgegengehalten worden ist: nämlich die außerordentlich geringe Masse der sämtlichen Planeten gegenüber der Sonne. Schon der äußere Größenumriß, wie ihn das nebenstehende Bild vergegenwärtigt, zeigt eine geradezu ungeheuerliche Differenz. Das folgende Bild führt eine sogenannte Protuberanz der Sonne vor — eine der aus der Glutatmosphäre des Sonnenballs raketenartig oder wolkengleich emporsteigenden Eruptionen haupt-



Sonne und Planeten in ihrem wahren Größenverhältnisse.

Auf der Sonne gewahrt man einige Sonnenflecke, deren Durchmesser den der Erde beträchtlich übertrifft.

sächlich glühenden Wasserstoffs — und zum Vergleich dazu die entsprechende Größe des ganzen Erdballs: der Erdball erscheint winzig wie eine einzelne Bombe, die eine solche vulkanische Explosion der Sonne federleicht emporgeschnellt. Denkt man sich nun, etwa mit dem Bilde des Saturnringes, einen wirklichen derben Ring vom ganzen Sonnenäquator losgelöst, noch dazu in einer Zeit, da die Sonne etwa bis zur Erde reichte, also ihr *Äquator*-

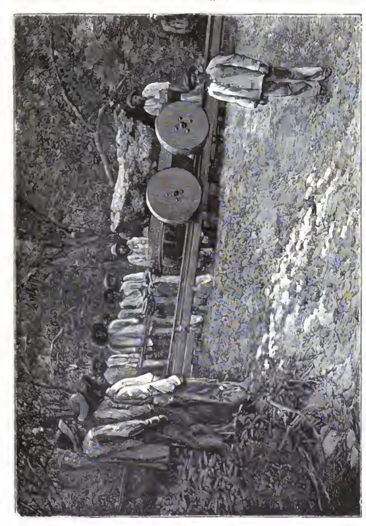


Eine Eruption auf der Sonne (Protuberanz), darunter im entsprechenden Größenverhältnis die Erde.

Man sieht, daß die Protuberanzen (meist Explosionen glühenden Wasserstoffs) sich zu einer Höhe über die Sonnenoberfläche erheben, die den Durchmesser der Erde um ein Vielfaches übertrifft.

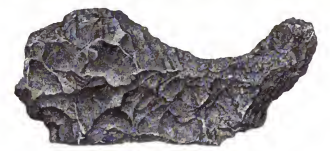
umfang der heutigen Bahn der Erde entsprochen haben muß, so ist es immerhin ein kühner Gedanke, daß dieser riesige Ring beim Aufrollen und Erkalten bloß eine so winzige Masse wie die Erde und ihren mutmaßlichen Sprößling, den Mond, ergeben haben sollte. Die Auslese-Theorie, die nach keinem Ring zu fragen hat, würde sagen: an dieser Stelle, da wo die Erde mit ihrem einen Monde steht, konnte nur grade *ein* Planet von *dieser* Masse mit *einem* Monde und mit *der* und *der* Geschwindigkeit sich erhalten, alles andere ist zu Meteoritensplittern zermalmt worden oder gegen die Sonne abgestürzt. Nun kann man allerdings vor dieser Spezialsache auch so verfahren, daß

man die beiden Theorien aneinanderhängt. Man bleibt bei der anfänglichen Achsendrehung der Sonne, die das Losschleudern äquatorialer Ringe ermöglicht. Aber man denkt sich dieses Ringspiel so unregelmäßig wie möglich, verläßt die Idee einer rein schematisch glatten Aufrollung zu bloß einer Kugel, malt sich etwa ein Zerfallen der Ringeinheit in zahlreiche Nebelmassen aus, unter denen dann lange jener Kampf ums Dasein (besser:



Transport des großen Meteoriten von Bendego in Brasilien im November 1887.
(Nach einer Photographie.)

Kampf um die Harmonie) getobt hat, bis endlich alles gesäubert war und nur der mechanisch mögliche Spezialfall als Sieger hervorging, der der Masse nach immerhin bloß ein kleiner Bruchteil der ursprünglichen Ringmaterie zu sein braucht. Was den Mond betrifft, so brauchte er, wenn man diesen Gedankengang verfolgt, keineswegs notwendig wieder ein Ringprodukt der Erde zu sein, er könnte ein erkaltetes, noch kleineres Fragment des alten Ringes darstellen, das im Kampfe der Anziehungen durch Koordinierung



Meteoreisen von Hex River Mounts.
Gegenwärtig im naturhistorischen Hofmuseum zu Wien.



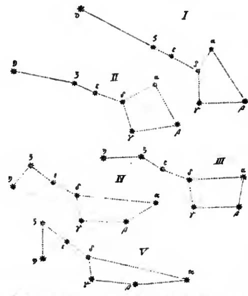
Meteoreisen von Kokstad (Griqualand in Südafrika).
Gegenwärtig im naturhistorischen Hofmuseum zu Wien.

seiner Masse mit dem als Erde geretteten Massenteil diesen letzteren hat retten helfen und selbst gerettet worden ist. Mit solcherlei Verschmelzungen hülfe sich schließlich sogar noch die Ringtheorie gegenüber der Ausnahme der Uranusmonde, man verstände auch, nicht mathematisch genau, aber wenigstens im Aperçu, warum der kleinere Mars zwei Monde hat und die größere Erde nur einen u. s. w. Von einer Kant und Laplace ernstlich zusammenfassenden Theorie kann eigentlich nur angesichts eben dieser Vermittelungstheorie die Rede sein, so daß wir hier die eigentliche echte „Kant-Laplace'sche Theorie“ vor uns hätten, die diesen Namen verdient.

Aber man begreift auch wohl, daß die Ringbildungstheorie hier auf dem Punkt steht, Konzessionen zu machen, von wo aus Thür und Thor aufgehn für die reine Herleitung des ganzen Systems aus einer wüsten Wolke bewegten Meteoritenstaubs, wie ihn gewisse Hypothesen als Wesentliches im Kometenschweif annehmen, — wobei die Erde schließlich bloß ein Ballungsprodukt aus den an einer bestimmten, mechanisch möglichen Stelle des Systems sich aufhäufenden Meteoritenteilchen, die den ganzen Weltraum erfüllen, sein würde: Vermutungen, die in neuerer Zeit lebhafter als früher betont worden sind, seit man weiß, wie viel winzige kosmische Massen noch jetzt unausgesetzt auf die Erde als grobe Stücke herabfallen oder in der Atmosphäre als Sternschnuppen verpuffen; eine gangbare Rechnung zählt pro Tag durchschnittlich ein paar Millionen Sternschnuppen und 2—3 feste Meteorsteine.*)

Wesentlich schärfer als diese und ähnliche Zersetzungsversuche vor der Ringhypothese innerhalb des Planetensystems sind die Einwürfe, die sich allmählich seit Kants Tagen trotz so vielseitiger Zustimmung doch schließlich gegen die Verallgemeinerung der Hypothese auf das ganze Fixsternsystem einstellen mußten.

*) Der geniale Umsegler Asiens, Nordenskjöld, hat neuerdings auf Grund eines sehr umfangreichen Materials über Meteoritenfälle und vor allem über das nach seiner Ansicht beständige Eindringen kosmischer Staubteilchen in unsere Atmosphäre die Vermutung eingehend erörtert, ob sich nicht der ganze Erdball im Laufe der Jahrmillionen um einen relativ kleinen ursprünglichen Kern rein durch solchen kosmischen Stoffzuwachs gebildet haben könne. Thatsache ist, daß schwarzer Eisenstaub fernab von menschlicher Kultur auf nordischen Schneefeldern gefunden wird und daß in den größten Meerestiefen, weit vom Festlande entfernt, nickelhaltiges, also meteorähnliches Eisen in den Niederschlägen vorkommt; in beiden Fällen kann man an kosmischen Staub denken, und wenn man ein unablässiges feines Herabschweben solcher Weltmaterie zugiebt, so ist ein allmähliches Wachsen der Erdmasse dadurch jedenfalls nicht wegzuleugnen. Es fragt sich nur, welches Maß man diesem Wachstum aus kosmischer Quelle geben will, womit eben auch hier vorläufig die ganz vage Spekulation beginnt. Unlängst hat auch Lockyer, dessen Verdienst um die spektralanalytische Enträtselung der Himmelskörper wir im folgenden noch öfter würdigen werden, eine „Meteoriten-Hypothese“ kühnster Form bis in alle Details ausgearbeitet. Der Meteoritenschwarm ist hier das Anfangsstadium, und erst durch Kollision von Meteoriten kommen Nebelflecke, Kometen und Fixsterne zu stande. Es ist auch in diesem Falle vorläufig weniger von Belang, ob das Hypothesengebäude eine kleine Stütze mehr oder weniger bietet, als vielmehr die Thatsache, daß ein so feiner Kenner der Dinge überhaupt mit solcher Entschiedenheit einen neuen Weg außerhalb der Laplace'schen Hypothese sucht. Die Details grade der Lockyer'schen Meteoritentheorie haben im übrigen schärfste Kritik gefunden und sind in dieser Form jedenfalls nicht angethan, selbst schon das Neue und Bessere zu vertreten. (Vergl. zu Lockyer: J. Scheiner, Die Spektralanalyse der Gestirne [Leipzig 1890] S. 330 ff.; die Theorie Nordenskjölds in seinen „Studien und Forschungen“, [Leipzig 1885].)



Wechselnde Stellungen der Sterne im großen Bären im Laufe der Zeiten.

I. Vor 100000 Jahren. II. Vor 50000 Jahren. III. Zur Jetztzeit. IV. Nach 50000 Jahren. V. Nach 100000 Jahren. (Vergl. die Anmerkung unten.)

Die Grundthatsache des Zusammenhangs der Sonne mit den Fixsternen, die Erkenntnis, daß sie selber nur ein solcher Fixstern, und zwar keiner mehr von den heißesten und hellsten sei, die Einsicht in ihre eigenen Bewegungsverhältnisse, die eine für unser Erkennen vorläufig gradlinige Bewegung wahrscheinlich vom Sternbild des Orion fort und dem Sterne α im Herkules entgegennachwies, sind allerdings für die Gegenwart zu fast unbestrittenen Fakten geworden.*) Aber inwiefern die Sonne im engeren als Mitplanet eines „Systemes höherer Ordnung", das die ganze Fixsternwelt umfassen sollte, einzugliedern und, als solcher, aus einem abgestoßenen Äquatorring einer ungeheuren „Central-

*) Das Wort „Fixstern", d. h. fester („angehefteter"), sich nicht bewegender Stern, ist seit Halley (die betreffenden Untersuchungen sind zwischen 1717 und 1719 veröffentlicht) im wahren Sinne völlig hinfällig und unpassend geworden. Halley verglich den vor Augen stehenden Ort dreier Sterne, des Sirius, des Arktur und des Aldebaran, mit den Ortsangaben, die mehr als achtzehnhundert Jahre früher der zuverlässige Grieche Hipparch für dieselben Sterne festgestellt hatte, und kam sofort zu dem bedeutsamen Resultat, daß hier eine Fortbewegung stattgefunden habe. Seitdem sind solche Bewegungen der „Fixsterne" allenthalben beobachtet worden, wobei sich aber als Notwendigkeit herausgestellt hat, daß man zweierlei in ihnen unterscheidet: die Eigenbewegung unserer Sonne, die scheinbar für uns, die wir mit der Sonne dahin zu wandern gezwungen sind, die Sterne durcheinander schiebt, und die wirklichen Bewegungen der übrigen „Fixsterne" selbst. Von der thatsächlich so resultierenden allmählichen Verkehrung der Sternbilder mag die obige Figur an dem Beispiel unseres bekanntesten, des großen Bären, eine Vorstellung geben. „Der glänzende Sirius" sagt Klein in seinem „Handbuch der allgemeinen Himmelsbeschreibung", „hat seit den Tagen der Erbauung Roms seinen Ort am Himmel

sonne" herzuleiten sei, darüber ist man in Wahrheit grade in neuerer Zeit nicht nur zu keinen positiven, sondern eher wohl zu direkt negativen Resultaten gelangt, soweit es sich um die wirklichen, jetzt bestehenden Verhältnisse unserer Fixsternwelt handelt. Im Planetensystem haben wir, einerlei wie nun die Ausnahmen erklärt werden mögen, wenigstens im Grundprinzip einen mächtigen Centralkörper und eine Anzahl ungefähr in seiner Äquatorebene kreisender Planeten, die wieder abhängige Monde besitzen. Kants Verallgemeinerung basierte nun auf den beiden Grundthatsachen: daß erstens auch für den gesamten Fixsternhimmel (mit Ausschluß natürlich der Nebelflecken) sich ein sonnengleiches Centrum nachweisen lasse, er glaubte es im herrlich funkelnden Sirius vermuten zu dürfen; und zweitens, daß das ganze Fixsternsystem annähernd wenigstens (abgesehen von einigen unsern Kometen ähnlichen Seitenbummlern) in einer und derselben Ebene gruppiert sei, in deren horizontale, größere Achsen wir im scheinbaren Ring der Milchstraße hineinblickten. Beide Annahmen sind nicht ohne reichsten Beifall in der ganzen Zwischenzeit geblieben. Beide Annahmen sind aber auch, selbst mit Einschluß der kompliziertesten Konzessionen, grade neuerdings so energisch angefochten worden, daß sie als Basis der Spekulation nur in sehr bedingtem Sinne benutzt werden können.

Der Versuch, ein gemeinsames Centrum für die gesamte Fixsternwelt nachzuweisen, ist in der umfassendsten und geistreichsten Form von Mädler (seit 1846) gemacht worden — gerade bei diesem Versuche aber wurde, abgesehen davon, daß er in seinen Ergebnissen an sich auch noch höchst anfechtbar blieb, als Grundthatsache aufgestellt, daß unser Fixsternsystem keine eigentliche Centralsonne besitze, die durch ihr Massenübergewicht zum Beherrscher des ganzen Fixsternkomplexes geworden sei,

um mehr als anderthalb Vollmondbreiten verändert; der helle Stern im Ochsenhüter, α Bootis, um mehr als drei Vollmondbreiten und α im Centauren fast um fünf. Der merkwürdige Doppelstern Nr. 61 im Schwan würde, falls seine gegenwärtige Eigenbewegung seiner scheinbaren mittleren entspricht, in 250000 Jahren den ganzen Himmel umwandern. Die bedrückende Größe dieser Periode tritt überwältigend hervor durch die Geringfügigkeit der Maßeinheit, die wir, in der Umlaufsdauer der Erde um die Sonne, zu Grunde legen. Dennoch verweilt der menschliche Geist mit einer Art von Wohlgefallen bei der Betrachtung solcher ungeheuren Perioden; und von einem eigentümlichen Reize umhüllt erscheint der Gedanke an den Ozean der Zeit, der hinweggerauscht zwischen dem Zusammentreten der vier Sterne des südlichen Kreuzes zu dieser schönen Konstellation und dem Zerreißen derselben; der Jahresfülle, die verfließen wird, bis das Sternbild der nördlichen Krone zerfallen oder der Gürtel des Orion aufgelöst ist." Der Gedankengang hat einen unwillkürlichen Anklang an den Vers aus der großen Dichtung des Hiob im alten Testament, wo der Herr fragt: „Kannst Du die Bande der sieben Sterne zusammenbinden, oder das Band des Orion auflösen?" Vielleicht kann es die „exakte Rechnung" dereinst!

— sondern daß vielmehr ohne dominierenden Centralkörper alle Bewegungen der Fixsterne nur einen gemeinsamen, idealen Schwerpunkt hätten, gegen den sie sich orientierten. Dieses Resultat steht mit der Ringbildungshypothese in ihrer Ausdehnung auf die Fixsternwelt in starkem Gegensatz. Es steht aber in um so besserem Einklang mit objektiven Thatsachen aus der Fixsternwelt selbst. Ich habe oben unter den Beweisen für die Allgemeingiltigkeit des Newton'schen Gravitationsgesetzes im All weit über das Reich der Sonne hinaus auch die durch die Schwerkraft verknüpften doppelten und mehrfachen Sterne erwähnt. Zu vielen Tausenden stehen sie am Himmel. Die prachtvollsten Blüten der Fixsternflur gehören dazu. Sie prangen in den grandiosesten Farbzusammenstellungen, wohin das bewaffnete Auge nur schaut. Das Gravitationszeugnis, das die Doppelsterne liefern, besteht aber keineswegs darin, daß auch hier ein oder mehrere kleinere Körper einen an Masse überlegenen planetengleich umkreisen. Es handelt sich bei ihnen vielmehr um zwei oder mehr gleich oder nahezu gleich schwere Körper, die gemeinsam einen idealen Schwerpunkt umkreisen, in dem sich ihre Massen die Wage halten. Das Verhältnis solcher Doppelsterne zu einander kann unmöglich aus der Laplace'schen Theorie heraus erklärt werden — es ist, wenn eine Ursprungshypothese, die beide Glieder des Doppelsystems verknüpft, aufgestellt werden soll, jedenfalls eine ganz neue nötig, die mit der Ring-Hypothese gar nichts zu thun hat. Wenn man aber nun bedenkt, daß wahrscheinlich mehr als der dritte Teil aller sichtbaren Fixsterne in einer ähnlichen Weise miteinander zu reinen Schwerpunkts-Systemen ohne Central-Masse verknüpft sind, daß man circa 11000 Doppelsterne kennt und darunter 800 mit sicher nachgewiesener Bewegung, so erhellt die äußerst hohe Wahrscheinlichkeit, daß auch das hypothetische Gesamtsystem aller Fixsterne mit Einschluß auch unserer Sonne ein solches rein balancierendes, auf einen mathematischen Schwerpunkt hin geordnetes System sein möge, nicht aber ein höheres Planetensystem mit einer echten Centralsonne — und daß es also ein System sei, auf das die Ring-Hypothese so wenig paßt, wie auf die Doppelsterne.

Der Beweis gegen die Centralsonne wurde von Mädler übrigens auch praktisch angetreten. Die Zahl der Fixsterne, die unsere Teleskope zeigen, sei grob mit Wilhelm Herschel auf zwanzig Millionen veranschlagt. Jeder Stern soll durchschnittlich nur die Masse der Sonne haben. Dann kämen wir für die Centralsonne, die das alles beherrschen soll (im Verhältnis unseres Planetensystems ausgerechnet) auf einen Körper, der 15 Milliarden unserer Sonnenmasse wiegen und räumlich die Sonne 2450mal an Durchmesser übertreffen müßte. Soll, was nur folgerichtig im Sinne einer erweiterten Laplace'schen Theorie läge, auch die Leuchtkraft dieses Ungetüms in solchen Ziffern die der Sonne überglänzen, so müßte

der erste Blick auf den Himmel uns keinen Zweifel lassen, wo die „Centralsonne" zu suchen sei, — oder die Entfernungen innerhalb des Fixsternsystems müßten ungeheuerlich viel größer sein, als sie sind. Die Ausrede, daß die Riesensonne dunkel sein könne, läßt sich, soweit wir die Doppelsterne zur Analogie heranziehen, hören, da auch dort dunkle Massen vorkommen, die mit hellen vereinigt wandeln, ohne an Größe gegen diese zurückzustehn. Aber grade die Laplace'sche Hypothese mit dem Ausbau im Sinne von Helmholtz (vergl. S. 333) wird von der Ausrede im Kern getroffen. Es bedarf jedoch der Ausrede gar nicht. Auch eine dunkle Centralsonne müßte sich nämlich an der Art der Bewegungen ihrer angeblichen Trabanten, der Fixsterne, verraten. Wo, nach Analogie unseres Sonnenreichs, ein durch Masse herrschender Centralkörper den Mittelpunkt besetzt hält, da ist ein notwendiges Gesetz, daß der Planet, je näher er seiner Sonne läuft, desto schneller sich bewegen muß, um nicht in eine verderbliche Spirale und endlich zum Absturz gegen die Mitte zu kommen. Merkur saust bei uns zehnmal schneller als Neptun. Entsprechend müßten die Sterne, die der Centralsonne näher ständen, eine hochgradig beschleunigte Bewegung zeigen. Mädler aber fand keinen Punkt des Fixsternhimmels, um den solche schnelleren Fixsternläufe sich gruppierten.

Die weiteren positiven Versuche Mädlers, um den Ort zu bestimmen, wo der ideale Schwerpunkt des Gesamtsystems der Fixsterne unter Ausschluß der Centralsonnen-Hypothese liegen könne, führten ihn auf das Sternbild des Stiers und speziell die allbekannte Plejadengruppe. Bei dem vierfachen Stern Alkyone dort schienen ihm alle Bedingungen, die er sich für einen solchen Punkt gestellt hatte, aufs beste erfüllt. Mit allen Millionen Fixsternsonnen würde also auch die Bewegung unserer Sonne ihren Schwerpunkt bei Alkyone finden, und zwar auf einer äußerst excentrischen und gegen die Ebene unseres Planetensystems fast senkrecht geneigten Bahn, die zu durchlaufen zwischen 22 und 28 Millionen Jahre erforderte. Da übrigens für die größere Menge der Sternenbahnen sich die wildesten Verschiebungen der Ebene ergaben, so waren auch in diesem Sinne Mädlers Resultate der Laplace'schen Theorie für die Fixsternwelt entgegen: von einer Einheit der Ebene konnte selbst bei kühnster Ausnahmenfreiheit nicht gut die Rede sein. Mädlers Ideengänge erhoben sich in all diesen positiven Behauptungen weit über die eigentlich grobe Spekulation. Aber ihr Material war zum größern Teil doch noch ein ungenügendes und ist es heute noch für jeden, der ähnliche Schlüsse mit einiger Sicherheit begründen will. Während die Bewegung der Sterne selbst in den seit Mädler verflossenen Jahrzehnten immer evidenter geworden, hat das Mißtrauen gegen Mädlers Alkyone-Hypothese und seine Elemente der Sonnenbahn immer festeren Fuß gefaßt. Jetzt gerade, da die Spektralanalyse im Sinne der oben (S. 266) geschilderten Messungen ganz neue Bewegungsaufschlüsse

verspricht, ist die Vorsicht doppelt am Platz. Dadurch wird aber das Bedenkliche, das aus allen auch nur ähnlichen Gedankengängen für die Laplace'sche Hypothese im Fixsternbereich immer wieder erwachsen muß, nicht berührt, — der Einwand behauptet sein Recht, mag nun der Schwerpunkt liegen, wo er will, und mag das Fixsternsystem nun ein Ganzes

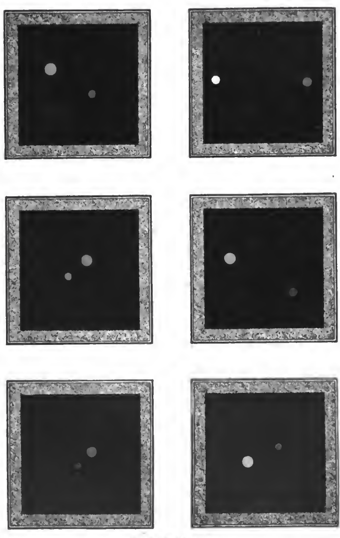


Das Sternbild der Plejaden.

In der Mitte der vierfache Stern Alkyone, bei dem Mädler den Schwerpunkt unseres ganzen Fixsternsystems suchte. Links oben zeigt sich ein Nebelfleck, wie ihn Wilhelm Tempel am 19. Oktober 1859 zu sehen glaubte. Neuerdings haben sich auch in der Nähe von Alkyone und Maja (weiter unten links) auf Photographien, die die Gebrüder Henry in Paris und Roberts aufnahmen, die wunderlichsten Nebelstreifen und Nebelbogen gezeigt, die das ganze System geheimnisvoll zu umspinnen scheinen.

bilden mit einem Schwerpunkt nur oder mag es in eine größere Menge in sich geschlossener Systeme auseinandergehen, deren jedes in sich seinen eigenen Balancepunkt besitzt.

Wie über die Centralsonne, so sind nicht minder die Ideen Kants über die im ganzen dem Planetensystem ähnliche, flach linsenförmige Gestalt



Farbige Doppelsterne.



des Fixsternsystems im Laufe der Zeiten etwas brüchig geworden. Wilhelm Herschel gestand selbst noch auf seine alten Tage, daß die früher von ihm ganz in Kants Sinne verworfene Anschauung von der Milchstraße als einem realen Sternenring am Ende doch wohl die richtigere sei. Seitdem wogte der Streit herüber und hinüber. Humboldt im astronomischen Teile seines „Kosmos“ fixierte den Standpunkt für 1850 dahin, daß „die neuesten Beobachtungen die Hypothese von einem System voneinander abstehender konzentrischer Ringe begünstigt“ hätten. Struve hatte hier vorgearbeitet: er war auf Grund von Messungen zu dem Resultat gekommen, daß die Sterne sich in der Richtung der Milchstraße thatsächlich, nicht bloß perspektivisch anhäuften, womit das Bild der in der Verteilung in einer Hauptebene gleichgearteten, flachen Sternenlinse zerbrach. Mädler huldigte analogen, noch komplizierteren Anschauungen. Man muß sich vergegenwärtigen, daß Kants Idee einer flachen Linse sich neben dem alten vertrauten Bilde des Planetensystems auch auf die merkwürdige Analogie der Nebelflecke stützte, die (z. B. der Andromeda-Nebel in seiner damals bekannten Gestalt, vergl. das Bild S. 242) solche Linsen darzustellen schienen. Seitdem aber hatte man eine ganze Musterkarte völlig verschiedener Nebel und darunter (seit 1779) so vortreffliche Typen von einfachen Ringen, scheinbar ohne jede Ausfüllung oder doch nur mit zerstreuten Sternchen im Innern, entdeckt, daß der Analogieschluß jetzt mit dem ganz gleichen Recht auch für ein im wesentlichen ringförmiges Fixsternsystem ohne Centralmasse herangezogen werden konnte. Daß aber ein solches Ringsystem der Ring-Hypothese des Laplace nicht entsprach, lag auf der Hand! Die Details dieser ganzen bis zur Stunde unbeendigten Kampagne können hier nicht erschöpft werden. In seinem „Handbuch der allgemeinen Himmelsbeschreibung“ trat 1872 Hermann J. Klein gegenüber Struve und Mädler mit großer Energie wieder für die optische Erklärung der Milchstraße ein, — allerdings dabei mit einem so völligen Verzicht auf die Einheitlichkeit des Fixsternsystems, abgesehen von der ungefähr gleichen Ebene, daß die Laplace'sche Theorie hier im Grunde doch nicht zum besten wegkommt, wenn sie nicht starke Konzessionen machen will. Klein denkt sich den Fixsternkomplex, dem auch unsere Sonne angehört, als nahezu kugelförmig. Neben ihm, nahezu in der gleichen Ebene, schweben zahllose andere, ebenfalls nahezu kugelförmige Fixsternsysteme. „Der siderale Inhalt der Milchstraße ist ein höchst mannigfaltiger und weit davon entfernt, ein irgend symmetrisch gruppierter zu sein, wie es der Fall sein müßte, wenn die Milchstraße als ein ungeheurer geschlossener Sternenring unsern Fixsternhimmel umschlösse. Man muß vielmehr annehmen, daß die scheinbare Ringform der Milchstraße nur eine optische Täuschung ist und hervorgebracht wird durch die Lagerung einer unbestimmt großen Zahl von kleineren und größeren Sternhaufen und Sterngruppen in einer und der-

selben Ebene, die uns gerade als Ebene der Milchstraße erscheint. Von jedem Partialgliede der einzelnen Sternschwärme und Sternhaufen aus, welche das System der Milchstraße bilden, stellt sich diese nahe als größter Kreis und in ähnlichen Zügen dar, wie für uns. Daß die Tiefen dieser ungeheuren Fixsternschicht nicht zu ergründen sind, ist nach den jetzt gewonnenen Vorstellungen von dem Baue der Milchstraße nicht wunderbar. Schwieriger bleibt es dagegen, Vermutungen zu wagen über die Stellung der Sternhaufen und Nebelflecke im Raume, welche weit entfernt von der Ebene der Milchstraße sichtbar werden. Es scheint aber, daß die Hauptschicht der Fixsterne in gewissen Entfernungen beiderseits von kleineren oder größeren Sternhaufen umgeben wird. Von den Nebelflecken, deren viele, wie die Spektralanalyse gelehrt hat, wirkliche Nebelmaterien sind, stehen die meisten sicherlich innerhalb unseres Fixsternsystems, andere aber bilden eigene Sternsysteme für sich." Als abschließendes Beispiel, das gerade auch den Kern unserer Frage berührt, mag dieser einen Entscheidung eine längere Ausführung des geistvollen Angelo Secchi folgen. Für Secchi steht der Satz vorläufig allerdings fest: daß die Sterne in der Nähe der Milchstraße nicht nur scheinbar, sondern in Wirklichkeit dichter stehen. „Unter den zahlreichen Spekulationen über den Bau der Milchstraße als den Hauptteil des Weltalls," so fährt er fort, „ist dieser Satz das einzige Resultat, welches einigen Glauben verdient. Kepler war der erste, welcher die Milchstraße als ein ringsförmiges System von Sternen betrachtete, in dessen Innerm etwas excentrisch und nicht genau in der Ebene des Ringes sich die Sonne befindet. Huyghens nahm an, die Sterne seien gleichförmig in dem Raume verteilt. Diese Ansicht ist indessen, wie wir gesehen haben, unhaltbar. Wright, Kant und Lambert haben ihre Ansichten über die Natur der Systeme, welche diesen Sternhaufen zusammensetzen, bis ins einzelne ausgebildet, allein sie bildeten sich ihre Vorstellungen immer nach dem Vorbild des Sonnensystems, soweit dasselbe zu ihren Zeiten bekannt war. Daher spielen in ihren Betrachtungen die unvermeidlichen großen Centralkörper erster, zweiter, dritter bis fünfter Ordnung eine Hauptrolle. Da sich indessen mit der Zeit die Ansichten über das Sonnensystem selbst bedeutend geändert haben, so wäre es nutzlos, ihren Gedankengang weiter zu verfolgen. Sie kannten nur eine von Planeten umgebene Sonne, welche die Systeme erster Ordnung bildeten, während die Trabanten der Planeten die Systeme zweiter Ordnung bildeten. Alle Bahnen dieser Körper sind wenig excentrisch und nur wenig gegen den Äquator des Hauptkörpers geneigt. Außerdem kannte man Kometen mit sehr excentrischen Bahnen, in denen indessen kein Gesetz zu bemerken war. Wir kennen dagegen jetzt außer diesen Hauptkörpern mit großen Massen eine Gruppe von kleinen Körpern zwischen Mars und Jupiter, deren Gesamtmasse kaum der Masse der Erde gleichkommt, obgleich ihre Anzahl

bereits 178 ist (Dezember 1877, die Zahl hat sich seitdem beträchtlich vermehrt) und nichts zu der Annahme berechtigt, daß sie bereits alle entdeckt sind. Ihre Bahnen sind stark gegen die Ekliptik geneigt, und einige haben eine bedeutende Excentricität, so daß man an der Beständigkeit ihrer Bahnen zweifelt und selbst die Möglichkeit von Zusammenstößen nicht ausgeschlossen ist, da sie sich auf eine Zone verteilen, deren Breite nicht größer als der mittlere Abstand der Erde von der Sonne ist und sich ihre Bahnen vielfach durchkreuzen. Außerdem kennen wir viele periodische und nichtperiodische Kometen. Einige derselben bilden einen Teil von Schwärmen kleiner Körper, der Meteoriten, die bald in größeren, bald in kleineren Bogen der Bahn der Kometen folgen. Die Kometen sind nicht sämtlich feste Körper, sondern zum Teil gasförmig und bieten daher bei ihrer Annäherung an die Sonne so eigentümliche Erscheinungen. Ebenso wird durch die Entdeckung der gasförmigen Nebelflecke die Übereinstimmung, welche man zwischen den Nebelflecken und der Milchstraße zu finden glaubte, hinfällig. Diese Entdeckung sah bereits W. Herschel am Ende seiner Laufbahn voraus. Diese Entdeckungen in unserem eigenen System machen es wahrscheinlich, daß Gruppen sehr kleiner Sterne die Stelle von großen isolierten Körpern einnehmen und daß die Systeme derselben nicht, wie Lambert annahm, durch einen der Masse nach überwiegenden Centralkörper gestützt werden. Aus dem Umstande, daß die Milchstraße an die Zone der Nebelflecken angrenzt, kann man nicht den Schluß ziehen, daß die Nebelflecken einen Teil derselben bilden, da sie nicht immer, wie man früher glaubte, aus einzelnen Sternen gebildet werden. Das Vorhandensein einer großen Centralmasse ist übrigens gar nicht notwendig, da auch durch ringförmige und andere Systeme ohne Centralkörper regelmäßige Bewegungen erzeugt werden können, wie uns die Nebelflecken zeigen, sowie die spiraligen Systeme, in denen keine Bewegungen in vollkommen geschlossenen Bahnen stattfinden. Auch der Einwand, daß diese Systeme keine Beständigkeit haben würden, entkräftet eine solche Ansicht nicht, da uns nichts zwingt, eine unveränderliche Stabilität aller Systeme anzunehmen. Was die Ausdehnung der Milchstraße betrifft, so ist jedenfalls die Ansicht Proctors die richtige, der in den Öffnungen derselben im südlichen Kreuz und im Schwan einen Beweis dafür erblickt, daß diese Sternschicht begrenzt ist und unser Blick über die Grenzen derselben hinaus in den Raum eindringt. Andernfalls müßten wir die offenbar höchst unwahrscheinliche Annahme machen, daß jene Öffnungen unendlich lange cylindrische Röhren bildeten, die mit ihrer Achse genau gegen den Beobachter gerichtet wären. Wir müssen daher die Milchstraße als ein begrenztes System von Sternen betrachten, dessen Tiefe in der Richtung der Gesichtslinie wenigstens an einigen Stellen nicht sehr von der Ausdehnung in der Breite abweichen kann. Für andere Stellen sind wir dagegen nicht im stande anzugeben, wie weit sie sich in den Raum erstreckt.

Jene scheinbaren Öffnungen könnten indessen auch in anderer Weise, nämlich durch die Annahme dunkler oder das Licht absorbierender Massen erklärt werden. Einige haben die Milchstraße für einen Ring, andere für eine in zwei Teile gespaltene Scheibe erklärt, allein keine dieser beiden Ansichten kann uns auch nur annähernd eine Vorstellung von dem komplizierten Bau derselben geben. Proctor vergleicht sie mit einer Schlange, die sich zusammenkrümmt, ohne indessen einen geschlossenen Kreis zu bilden, sondern so, daß eine Lücke bleibt, die der Öffnung der Milchstraße im südlichen Kreuz entspricht. Alle diese Vergleiche geben uns indessen nur einen unvollkommenen Begriff von dem Bau dieses Sternsystems, dessen wirkliche Gliederung jeder Hypothese spottet. Alles, was wir über den Bau der Milchstraße angeben können, ist folgendes. Sie besteht aus einer Anhäufung unendlicher Sternmassen, deren Ausdehnung und Dichtigkeit für uns in der Richtung des Schützen größer ist. Auch an der diametral entgegengesetzten Stelle, in den Sternbildern des Perseus und der Cassiopeja hat sie eine bedeutende, wenn auch etwas geringere Tiefe als an ersterer Stelle. An denjenigen Punkten, deren Verbindungslinie senkrecht auf diesem Durchmesser steht, ist ihre Ausdehnung geringer. Daß unsere Sonne nebst den benachbarten Sternen der Gruppe, zu der sie gehört, nicht im Mittelpunkt dieser Schicht, sondern merklich entfernt von demselben steht, folgt aus der bedeutenden Verschiedenheit in der Dichtigkeit der Sterne im 6^h und 18^h Rektascension. An der letzteren Stelle teilt sich die Milchstraße in zwei Arme und während sie hier außerordentlich glänzend und an vielen Stellen unauflösbar ist, ist sie nicht weit von dieser Stelle plötzlich unterbrochen und endigt mit zwei breiten Fächern, die sich in 9^h Rektascension im Sternbild des Schiffs Argo einander gegenüberstehen. Die Sonne steht außerdem auch etwas außerhalb der Ebene der Milchstraße, da sie keinen größten Kreis bildet, sondern einen kleinen Kreis, der von dem parallelen größten Kreis ungefähr 5^0 absteht. Weitere Hypothesen über den Bau der Milchstraße aufzustellen, ist ohne Nutzen. Die Massen, welche sie bilden, machen mehr den Eindruck zahlloser zerstreuter Gruppen als den eines einzigen Systems, und wir sind nicht im stande, in dem verwickelten Bau dieser unendlichen Sternmasse irgend eine Gesetzmäßigkeit zu erkennen. Vielleicht erscheint sie uns nur deshalb unregelmäßig, weil wir uns außerhalb des Mittelpunktes befinden, und vielleicht würde sie für den, der sich im Mittelpunkt befände und die Gesetze der Bewegung so vieler Körper kennte, einen sehr einfachen Bau zeigen. Wir haben indessen bis jetzt keine Ahnung von dem Bau derselben und müssen uns mit dem begnügen, was wir gewissermaßen in einem Augenblick in der Unermeßlichkeit der Jahrhunderte erblicken. Die Milchstraße unterscheidet sich zwar von den Nebelflecken durch ihre Auflösbarkeit, doch haben sich an vielen

Stellen derselben bei spektroskopischer Untersuchung Spuren von einzelnen hellen Linien gezeigt. An diesen Stellen besteht sie daher wahrscheinlich nicht ausschließlich aus Sternen, sondern enthält bedeutende Menge einfacher kosmischer Materien. Es gehören indessen nicht alle Sterne, welche für uns sichtbar sind, zum System der Milchstraße. Viele Gruppen, wie die Magellan'schen Wolken und zahlreiche mit Nebelflecken vermischte Sternhaufen, z. B. das Haar der Berenice und dessen Umgebung, sowie zahlreiche andere kleinere Gruppen scheinen unabhängig vom Milchstraßensystem zu sein. Namentlich scheinen die Nebelflecke ein besonderes System zu bilden."

Es ist, wie man deutlich erkannt haben wird, der *überwältigende Reichtum der Dinge*, der grade in dem *Schwanken* der Hypothesen über Milchstraße, Fixsternsysteme und Nebelflecken wesentlich sich spiegelt. So wenig wie *alle* Nebelflecken unter den Hut *einer* Theorie hinsichtlich ihrer physischen Beschaffenheit und Auflösbarkeit zu bringen waren, so wenig kann — bei der ungeheuren Mannigfaltigkeit der Erscheinungen im sichtbaren All — die Laplace'sche Hypothese, selbst wenn ihre Berechtigung für das Planetensystem zugestanden werden sollte, ohne weiteres *als Schablone einer erträumten Normalentwickelung für den ganzen Kosmos gelten*. Es ist sehr wertvoll, daß ein Nebelfleck wie der hier so oft schon erwähnte der Andromeda uns *eine* werdende Welt zeigt, die ihrem Schema in überzeugender Weise zu entsprechen *scheint*. Aber daneben stehen, wie es auch Secchi oben schon betont, die völlig anders gearteten Spiralen, die geschlossenen Ringe, die ganz wüsten Nebelgebilde, daneben stehen die Doppelnebel, die direkt zu den Doppelsternen überzuleiten scheinen.*) Und über allem liegt vorläufig als ernste Mahnung unsere im Dunkel tastende *Unwissenheit über die wahre Natur unseres eigenen*

*) *Zwingend* sind bei unserer mit jedem Funde deutlicheren Unkenntnis über die innere Struktur selbst der bekanntesten Nebelflecke im Grunde allerdings die von hier hergeholten Argumente alle nicht, weder pro noch kontra. Wie wir im vorigen Kapitel gesehen haben, wankt der Boden da noch auf Schritt und Tritt. Der konzessionsfreundliche, aber doch noch bedingte Anhänger der Laplace'schen Theorie wird die Spiralnebel herleiten aus Gasmassen, die in so heftige Rotation versetzt worden, daß die Äquatorteile in losen Fetzen fortfliegen, vielleicht auch jene Hypothese des ursprünglichen schiefen Stoßes, der die Rotation überhaupt verursachte, in irgend welcher Komplikation heranziehen. Vor den Ringnebeln wird er sich auf die früher bereits einmal erwähnten neueren Erfolge der Himmelsphotographie stützen, die beispielsweise im offenen Binnenraum des großen Ringes der Leyer statt des früher beobachteten winzigen Sternchens eine ausgedehnte Centralmasse zeigten, für deren Nichtsichtbarkeit im Teleskop man die Erklärung darin sucht, daß sie im Gegensatz zu dem Ringe nur äußerst stark brechbare, also „ultraviolette" Lichtstrahlen entsendet, die, wie wir wissen, zwar die photographische Platte noch faßt, das menschliche Auge aber direkt nicht mehr als Licht empfindet. So erhielten wir wenigstens einen schweren Centralkörper und einen losgelösten Ring, wenn auch mit der merkwürdigen Begleiterscheinung, daß die „Sonne" dunkel ist und der Ring leuchtet.

Systems, dem die Sonne angehört, unsere hochgradige Unsicherheit vor dem wirklichen Phänomen, das in der Milchstraße sich birgt, unser selbst noch in lauter Hypothesen arbeitendes, dürftiges Wissen von dem Hineinragen eines Teiles der Nebelflecke in diese Milchstraßenwelt und dem Verhältnis der selbständigen Nebel zu diesen und zu ihr. Die Kometen, aus dem fernen All anscheinend zu uns heranpilgernd, verraten Wunder über Wunder an fremdartigster Beschaffenheit und abnormen Bahnen, und auch das sollte uns ein guter Grund allein schon sein, um uns dem allerdings echt menschlichen Wunsche, alles aus einer Schablone heraus erklären zu wollen, nicht allzu zugänglich zu machen.

Wir kehren nach so langer Abschweifung ins spekulative Gebiet und nachdem diese uns allmählich schon von selbst, durch Betrachtung der Milchstraßen-Frage, wieder dem Realen näher gebracht, zu unserm anfänglichen Faden zurück, der das Weltall in völliger Beschränkung auf die einfachste Hypothese, nämlich lediglich durch die Skala der zunehmenden Verdichtung und allmählichen Erkaltung zu verknüpfen sucht. Wir haben die Nebelflecke kennen gelernt, die sich zum Teil noch als ungeheure lose Wolken glühenden Gases zu erkennen gaben, zum Teil schon zu einem Heer von Gasbällen individualisiert erschienen und endlich übergingen in Haufen von Fixsternen, die einzeln im Prinzip unserer Sonne bereits sehr nahe kommen. Hier, bei der physischen Natur der Fixsterne, müssen wir jetzt wieder einsetzen. Wie das Wort „Nebelfleck" wenigstens drei deutliche Phasen umschloß in der Richtung auf die Verdichtung hin, so umschließt auch das Wort „Fixsterne" mehrere, von denen eine unsere Sonne vertritt, die andern aber mit Hilfe der Spektralanalyse in den zahlreichen Nachbarsonnen des Fixsternhimmels ebenfalls studiert werden können.

Die Entwickelungsstufen der Fixsterne und der Sonne.

Eine sternklare nordische Winternacht ist das geeignete wissenschaftliche Theater, um einen allgemeinen Stimmungseindruck abzugeben für die große, unerbittliche Gewalt, in deren Bann wenigstens weite Phasen der Weltentwickelung stehen. Erhaben und unvergleichbar, soweit Menschensinne reichen, haftet der funkelnden Sternenflur doch eines unzertrennbar für unser Empfinden an: die Kälte. Kalt wie glänzendes Metall ist das ganze vielgestaltige Bild. Das Gemüt, sicher in seinem dunklen Fühlen, läßt sich nicht beeinflussen durch die Rede des Physikers, der uns erzählt, daß thatsächlich von diesen fernen Sterngebilden noch eine schwache Wärme

zu uns herniederwogt zugleich mit dem Wellenschlag des Lichts. Was ihm handgreiflicher als Wahrheit sich in diesem Momente aufdrängt, ist die Kälte des Weltraums, in der die Sternenfülle sproßt.

Bilder, alle entnommen der Erde, aber dem Beängstigenden jenes eisigen Raumes noch näher, tauchen vor ihm auf. Über die Tundra, die grausig öde Moossteppe des nördlichen Sibirien, haucht Grabeskälte. Tief ins Erdreich, bis hundert Meter tief hinab, bleibt der Boden ewig gefroren, da die mittlere Jahrestemperatur unter 0° liegt. Längst von der Erde vertilgte Riesen der Dickhäuterwelt, rotwollige Mammut-Elefanten, einst vielleicht vor Jahrhunderttausenden mit blutigem Fleisch noch im vereisten Sumpfland begraben, liegen noch heute unversehrt darin wie in einer ungeheuren Konservenbüchse. In hartem Winter sinkt die Kälte bis auf ein Maximum von — 60° C., ihr Mittelmaß bleibt — 40 bis 50°. Dort ist, um Werchojansk, unterm 66. Grad nördlicher Breite, der eine Kältepol der Nordhälfte des Erdballs, ein zweiter liegt im Nord-Westen der Hudsons-bai, wo ein unwirtliches Inselgewirre allwinterlich zu blanker Eismasse verwächst.*)

Hilflos der Sonnenwärme entrückt, grenzt hier die kalte Erdoberfläche an den kalten Sternenraum.

Aber über uns allen, auch über der Saharaglut, wo der Sand sich bis zu 70° C. über Null erhitzt, schwebt, sobald der Gedanke sich senkrecht aufschwingt zu den Grenzen der durchwärmten Atmosphäre hinauf, dieselbe Kälte desselben Raums. Ein Nordpolfahrer des Luftreichs erscheint uns in seinem Ballon der mutige englische Physiker Glaisher, der um die Mitte der sechziger Jahre bis zu 11100 m Höhe stieg und bei fast 9000 m schon — 20° C. fand an einer Stelle, wo der darunter liegende Erdboden + 15 zeigte. Und doch verdünnt sich wahrscheinlich erst jenseits einer Höhe von 7—8 deutschen Meilen, also rund dem Achtfachen jenes Maßes, die Luft etwa zu dem, was wir in unseren Luftpumpen „luftleeren Raum" zu nennen pflegen; die wahre Atmosphärengrenze, falls von

*) Die sogenannten „Kältepole" der Erde fallen, was zur Vermeidung von Mißverständnissen beigefügt sei, ebenso wenig wie die magnetischen Pole mit dem mathematischen Nord- und Südpol der Erde zusammen. Die Wärmeverteilung auf der Erdoberfläche hängt nämlich durchaus nicht bloß von der Intensität der Sonnenstrahlen, sondern wesentlich auch von der Beschaffenheit der Gegend — ob große Festlandsfläche, ob Insel ꝛc. — ab. Offenes Meer wirkt wärmebewahrend, weites Festland temperaturerniedrigend. So liegt der eine nördliche Kältepol im östlichen Teil des größten aller Erdteile, der andere in einem durch Zusammenfrieren zu einem Festlande verwachsenen Inselarchipel. Über die Kältepole der südlichen Polarlande fehlen vorläufig leider alle Nachrichten, wie denn überhaupt die riesige Eiskappe des Südpols, die zur Kenntnis der irdischen Verhältnisse zweifellos noch einmal die grandiosesten Bereicherungen bringen wird, vorläufig ein verschlossenes Heiligtum darstellt, das seine Wunder unsern Enkeln aufbewahrt.

einer solchen überhaupt recht die Rede sein kann, muß aber noch unvergleichlich viel weiter angenommen werden. Denkt man sich nun die Kälte im Verhältnis erst jenseits der meßbaren Atmosphäre auf ihrem Höhepunkt, so wird das Datum der irdischen Kältepole als wirkliches Maß für den öden Sternenraum schwerlich reichen. Wie weit die Temperaturerniedrigung herabgeht, dafür fehlt uns allerdings jeglicher Anhaltspunkt. Pouillet rechnete — 142° C., seine Resultate sind aber angefochten, und die Frage ist gegenwärtig wieder ganz offen.

Aber einerlei, wie tief sich die Ziffer bemesse: wenn man auch nur Halt macht bei dem Polarminimum des Erdenballs, — eine eisige Öde starrt zwischen Stern und Stern, und das langsame Erkalten auch der gewaltigsten Sonnen ist, wenn sonst keine mechanischen Wärmequellen ihnen mehr zu Gebote stehen, in diesem Eiskeller nur eine Frage der Zeit. So unklar heute noch alle Entwickelungsfragen sind, die sich auf die räumliche Verteilung der Fixsterne stützen wollen, so verhältnismäßig sicher ist innerhalb der Sternenmassen, mögen die einzelnen nun stehen oder sich bewegen, wo und wohin sie wollen, die Unterscheidung einer Reihe großer, ewig wiederholter Typen, deren Verschiedenheiten aller Wahrscheinlichkeit nach nichts anderes sind als einander folgende Stadien eines unablässigen Erkaltungsprozesses. Eines dieser Stadien haben wir in vertrauter Nähe: die Sonne; es ist eines der späteren. Aber auch von den andern fällt in unsere Apparate das Wichtigste, was uns zu ihrer Erkenntnis werden kann: direktes Licht. Und indem das Spektroskop es zerlegt, enthüllt sich in großen Zügen die Physik der Sterne.

Es ist in der That ein fast unausgesetzter Hymnus auf die Größe der Spektralanalyse, was dieses ganze Kapitel uns bieten wird. Die Linsen des Teleskops treten weit in den Hintergrund gegenüber dem Prisma. Die Siegeszüge Herschels vor den Nebelflecken wie die kühne Spekulation der Denker Kant und Laplace hatten uns bis ins vorige Jahrhundert zurückgeführt; die Physik der Fixsterne, geheftet an die Gesetze der Spektralanalyse, die Kirchhoff und Bunsen erst seit Anfang der sechziger Jahre unseres neunzehnten Säkulums begründen konnten, hält beständig uns der fließenden Grenze der Gegenwart nah.

Neben Sonne, Mond und den fünf „alten“ Planeten das älteste Objekt der Astronomie, sind die Fixsterne doch jahrtausendelang auch ihr unfruchtbarstes gewesen. Das Erste, was sich wohl aufdrängen mußte, war der Unterschied in der Helligkeit, die grobe Unterscheidung von groß und klein. „Unter den wilden Völkerschaften,“ erzählt Humboldt, „welche die dichten Waldgegenden des oberen Orinoco und Atabapo bewohnen, an Orten, wo der undurchdringliche Baumwuchs mich gewöhnlich zwang, zu Breiten-Bestimmungen nur hoch kulminierende Sterne zu beobachten, fand ich oft bei einzelnen Individuen, besonders bei Greisen,

Benennungen für Kanopus, Achernar, die Füße des Centaur und α des südlichen Kreuzes.“ In dem Sternkatalog, den Ptolemäus nach den viel älteren Aufzeichnungen des Griechen Hipparch uns aus der römischen Kaiserzeit überliefert hat, ist diese rohe Auslese nach der Lichtstärke bereits in ein wissenschaftliches System gebracht: von 1022 Sternen werden die Helligkeitsabstufungen über sechs Klassen verteilt. Auf dieser Grundlage hat sich dann dieser enge Zweig der Sternbetrachtung mühsam emporgekämpft. Das Fernrohr, sonst vorerst nur ganz matt in seiner Leistung gegenüber den ewig gleich winzigen Lichtpünktchen dieser fernen Gebilde, fügte wenigstens eine entsprechend lange Reihe solcher Helligkeitsstufen bei für die dem bloßen Auge überhaupt unsichtbaren Sterne. Die Willkür in der Bezeichnung als „heller“ oder „weniger hell“ trübte aber den Fortschritt immer von neuem. Erst mühsamen Methoden gelang es nach und nach, wenigstens annähernde Werte für das Verhältnis aufzustellen, in dem das Licht der Sterne mit den einmal angenommenen Größen zunimmt. Immerhin ist im ganzen bis auf den heutigen Tag der Weg, der von dieser Seite zu wahren Aufschlüssen über die Natur der Fixsterne vordringen sollte, ein steiniger und steriler gewesen. Wie die Größenabschätzung auf Grund der Helligkeit in des älteren Herschel Tagen zu Vermutungen über die wahre Entfernung der Sterne geführt hat, ist in dem Kapitel über die Nebelflecke schon einmal erwähnt worden, — die Resultate blieben bei allem aufgewandten Scharfsinn anfechtbar. Anderen, neueren Versuchen, die wieder in neuem Sinne hier anknüpften, mangelt es gewiß ebenso wenig an Interesse, aber auch um ihren positiven Dauererfolg ist es vorerst noch nicht zum besten bestellt. John Herschel hatte bereits den sinnreichen Versuch gemacht, die Stärke des Lichtes bei Sonne, Vollmond und einzelnen Fixsternen zum Ausgangspunkt einer Vergleichung zu wählen, um so wahre Werte für die Intensität des Sternenlichts zu erlangen. Er fand, daß das Verhältnis des Vollmond-Lichtes zu dem des Sternes α im Sternbild des Centauren wie 27408 zu 1 stehe. Nimmt man — die Richtigkeit dieser Schätzung einmal zugestanden — das Verhältnis von Sonne zu Mond mit Zöllner gleich 618000 zu 1, so überträfe für uns die Sonne den Stern α im Centauren um das 18-tausend millionenfache der Lichtstärke. Da man aber nun grade für den schönen Stern des Centauren heute die „Parallaxe“ und durch sie die wahre Entfernung von der Erde zu kennen glaubt: 4⅔ Billionen Meilen, — so würde daraus rund zu folgern sein, daß die wirkliche Leuchtkraft jenes Fixsterns die der Sonne um das Doppelte übertrifft. Mit ähnlichen Rechnungen kommt man zu dem Resultat, daß Sirius um das 88-fache das Sonnenlicht übertrumpft, Kapella sogar um das Mehrhundertfache. Andere Sterne würden umgekehrt noch nicht den hundertsten Teil dessen, was die Sonne uns gewährt, liefern, wenn sie an Stelle unserer Sonne ständen.

So anregend diese Gedankengänge sind, so wenig fest sind doch noch ihre Füße, und, auf sie allein angewiesen, würden wir wohl eine Ahnung von sehr hellen und matteren Sonnen in unbegrenzter Abwechselung uns ausmalen können, aber eine wahre Kenntnis der Entwickelungsstufen läge doch noch unfaßbar fern.

Indessen, — es war nicht der Unterschied der Lichtstärke allein, was schon verhältnismäßig frühen Beobachtern auffiel. Zweierlei trat hinzu. Nicht alle Sterne glänzten in der gleichen Farbe. Und nicht bei jedem Einzelstern blieb die Lichtstärke konstant: es traten Wandlungen ein, — hier periodischer Wechsel von einer Lichtgröße zur andern, dort jähe, katastrophenartige Übergänge, die gleichsam „neue" Sterne aufflammen ließen.

Die Beobachtung, daß es farbige Sterne verschiedener Art gebe, reicht ebenso wie die Sonderung in sechs Helligkeitsklassen ins Altertum zurück. Sechs Fixsterne, verzeichnet Ptolemäus, sind ὑπόκιρροι, d. h. feuerrötlich. Dem Laien ist es noch heute meist ein fremdartiger Gedanke, daß nicht alle Sterne des Abendhimmels das gleiche milde Silberlicht uns weisen sollen. Aber schon der Planet Mars, wenn er in Erdnähe prangt, strahlt in einem so intensiven Rot, daß gerade diese Farbe sich auch dem Unbefangenen förmlich aufdrängt als unanzweifelbare himmlische Ausnahme. Und so fand auch das unbewaffnete, aber von der Liebe inbrünstiger Erkenntnisforschung durchseelte Auge der antiken Astronomen die gleiche rote Glut in sechs echten Fixsternaugen. Sie war unabhängig von dem rötlichen Flor, in den die Luftschichten des Horizonts steigende oder sinkende Sterne jeder Art zu hüllen pflegen und unabhängig ebenso von dem diamantenhaft bunten Flimmern, das allen Fixsternen (auch infolge rein irdischer, atmosphärischer Verhältnisse) bald stärker und bald minder eigen ist. Eine feste Ursache, die am Sterne selbst haftete, mußte dieser Farbe Bedingung sein. Die sechs roten Sterne, die Ptolemäus vermerkt, sind der gelbrötliche Arktur im Bootes, nächst Sirius und Wega unser hellster nördlicher Stern, Aldebaran, ein Doppelstern im Stier, dessen Hauptstern intensiv rot ist, Pollux in den Zwillingen, Antares, ebenfalls der rote Partner eines Doppelsterns, dessen Begleiter bläulich erscheint, α im Orion, einer der Schultersterne des herrlichen Bildes, und endlich der prachtvolle Sirius selbst. Wer je auch nur die wichtigsten Edelsteine unseres nächtlichen Sterngeschmeides mit Namen nennen gelernt, den wird die letzte Angabe erstaunen machen. Während auf die fünf ersten jener Ptolemäischen „feuerrötlichen", vielleicht besser „gelbrötlichen Sterne" die Farbbezeichnung auch heute noch paßt, ist sie für Sirius gegenwärtig gänzlich unbrauchbar geworden. Sirius leuchtet in blauem Licht und kann geradezu als Typus dieser Farbstufe gelten. Man hat sich viel den Kopf darüber zerbrochen, was hier vorliegen könne. Zum Überfluß haben gerade für Sirius auch

noch Cicero und der als Naturforscher keineswegs niedrig zu achtende Seneca das „Rot" bestätigt (rutilans bei Cicero, „roter als Mars" gar bei Seneca), so daß die von Humboldt sehr lebhaft vertretene Ansicht schwer anfechtbar wird, es habe seit den Tagen des Römerreichs hier ein wirklicher Farbenwechsel von Rot zu Blau stattgefunden. Aus Gründen, von denen weiter unten die Rede sein wird, würde die Thatsache eine doppelt merkwürdige sein. Andere sehr deutlich rote Sterne, wie der obere der beiden hinteren Sterne am Viereck des großen Bären, sind übrigens seltsamerweise bei Ptolemäus nicht erwähnt.

Anderthalb Jahrtausend nach dem Gelehrten der römischen Cäsarenwelt spricht Mariotte im Jahre 1686 zuerst von blauen Sternen. Der ältere Herschel wies dann auf das unerwartetste Farbenwunder: die verschiedenen Farben eng verbundener Doppelsterne. Als John Herschel einen scheinbaren Nebelfleck in der reinen Atmosphäre des Kaplandes zum Sternhaufen löste, da schien ihm ein Wunderwerk polychromer Juwelentechnik aufgethan: nahe dem südlichen Kreuze drängten sich an hundert rote, grüne, blaugrüne und blaue Sternchen wie vielfarbiger Staub zu einander. Seitdem ist es immer mehr und mehr deutlich geworden, daß, wie Humboldt es schön ausspricht, „an der gestirnten Himmelsdecke, in den vom Licht durchströmten Gefilden, wie in den Blumenkronen der Phanerogamen und den Metall-Oxyden fast alle Abstufungen des prismatischen Farbenbildes zwischen den Extremen der Brechbarkeit, den roten und violetten Strahlen, teleskopisch aufgefunden werden."

Allerdings bedarf es gewisser Vorsichtsmaßregeln, um sich in diesem Blumengarten nicht zu verirren. „Die Farben der Sterne richtig zu beurteilen", sagt Secchi, „ist nicht so leicht, als es scheint. Erstens sind die Augen der einzelnen Beobachter sehr verschieden und viele leiden, ohne es zu wissen, an Daltonismus, einem Fehler des Farbensinns, infolge dessen der damit Behaftete nicht im stande ist, gewisse Farben als solche wahrzunehmen und von anderen zu unterscheiden. Man braucht nur in der Bildergallerie Kopien von Gemälden, die von verschiedenen Malern verfertigt worden sind, zu vergleichen, um zu bemerken, wie verschieden ein- und dieselbe Farbe des Originals aufgefaßt und wiedergegeben worden ist. Ebenso wird die Vollkommenheit der Bilder durch die Beschaffenheit der Gläser beeinflußt. Metallspiegel verursachen immer eine rötliche Färbung der Objekte. Auch der Grad der Vergrößerung ist nicht gleichgiltig. Bei schwacher Vergrößerung herrscht Weiß vor, und die übrigen Farben (kein Stern hat eine vollkommen einfache Farbe) treten zurück, bei starker Vergrößerung sind trotz der Schwächung des Lichts die verschiedenen Farben leichter zu unterscheiden. Drittens darf die Beschaffenheit der Atmosphäre und die Höhe des Sterns nicht außer acht gelassen werden. In der Nähe des Horizonts erscheinen die Sterne, wie die Sonne und der Mond

rötlich." Wendet man alle diese Vorsichtsmaßregeln an, so ergeben sich bestimmte Farbgruppen, zum Teil von sehr weiter Verbreitung. Von der Mehrzahl der gewöhnlich als „weiß" bezeichneten Fixsterne zeigt sich, daß sie mehr oder minder bläulich sind. Blau glänzen, wie schon erwähnt, der helle Sirius, dann Wega in der Leier, Castor, der Bruder des roten Pollux im Sternbild der Zwillinge (beide sind Doppelsterne) und der herrliche Regulus im großen Löwen. Muster von rein weißem Typus bieten Procyon im kleinen Hund und Altair im Adler. Aldebaran, Arktur und der rechte Schulterstern des Orion (Beteigeuze), die Ptolemäus allgemein rötlich nannte, rechnet man jetzt als Muster der orangefarbigen Sterne, während Antares im Skorpion und der im Zielpunkt unserer Sonnenbewegung schimmernde Stern α im Herkules als echt rote Typen gelten. Das entzückendste Farbenspiel zeigen die Doppelsterne. Vielfach gesellen sich bei ihnen sogenannte Komplementärfarben zu einander, d. h. solche, die zusammen Weiß ergeben, also Rot und Grün etwa oder Orangegelb und Blau. Die naheliegende Vermutung, daß es sich hier bloß um Kontrastfarben für unser Auge handle (längeres Anstarren von Grün erzeugt beispielsweise, daß beim Wegblicken auf eine daneben liegende weiße Fläche diese in dem komplementären Rot erscheint, — ein optisches Kunststück, das jeder leicht an sich erproben kann!) hat sich dabei nicht bewährt, die Farben sind auch hier wirklich „echt". Ein Blick auf unsere Tafel „Farbige Doppelsterne" giebt ein paar gute Muster der Art nach Secchi selbst, wobei übrigens der Deutlichkeit wegen den einzelnen Sternen eine Scheibenform gegeben ist, wie sie in Wahrheit nur Planeten, aber nicht die so entfernten, stets punktförmigen Fixsterne im Teleskop zeigen. Es hat einen eigentümlichen Reiz, sich auszumalen, welche Beleuchtungseffekte wohl den möglicherweise vorhandenen Planeten und Planetenbewohnern solcher Doppelstern-Systeme vermöge der wechselnden Farbenpracht ihrer mehrfachen Sonnen zu teil werden möchten. In brennender Röte strahlt vielleicht zwölf Tagesstunden lang die eine Sonne — selbst im Zenith noch immer die Schneegebirge des Planeten mit dem Purpurschein karmoisinroten Alpenglühens übergießend. Dann, nach erfolgter Achsendrehung des beleuchteten Körpers, müßte es sein, als versinke die Welt tief im smaragdgrünen Schoße eines kristallklaren Alpensees, — die Schwärze unserer sonnenabgekehrten Nacht aber bliebe dem Bürger zweier Sonnenwelten völlig unbekannt. Arm erscheinen gegenüber solchem Zauberspiel die Farben Böcklins, des Meisters der „Insel der Seligen", und auch den heißesten Verfechter der Rechte schrankenloser Phantasie mag ein Ahnen streifen, wie eng das menschliche Auge die Welt nur spiegelt und in wie schmalen physischen Schranken all unser schrankenloses Träumen in Wahrheit sich bewegt, während die realisierte Gedankenwelt des Alls daneben ins Unermessene schweift.

Was bedeuten nun diese Sternfarben? Was lehren sie zur Konstitution des Kosmos? Als einfache „Farben" bloß mit dem Teleskop aufgefangen, schienen sie anfangs nur geeignet, die Fülle der Rätsel zu vermehren. Wohl ergeben sich einzelne Begleiterscheinungen, die vielleicht Licht bringen könnten in gewisse Probleme. Die Farben, wie wir schon an dem Beispiel des Sirius gesehen, scheinen nicht ganz konstant, und so könnte hier ein Anhaltspunkt für Nachweis echter kosmischer Wandlungen vorliegen. Noch bedeutsamer ist die Thatsache, daß in gewissen Regionen des Himmels grade Sterne von gleicher Farbe sich häufen — im Walfisch gelbe, im Orion grüne, in den Plejaden blaue. Hier könnte ein Gesetz der Verteilung eng verknüpft sein mit der Farbenstufe. Aber im ganzen blieben das doch nur vage Stützen, wenn die Farbe selbst uns Rätsel bleiben sollte. Und so drängt alles nach der Lösung durch die Spektral-Analyse hin.

Ehe wir diese eingehend betrachten, möge aber noch die andere, parallele Beobachtungsreihe, die oben neben der Erkenntnis der Stern-Farben erwähnt worden ist, bis zu derselben entscheidenden Ecke heraufgeführt werden. Es handelt sich dabei, wie schon dort gesagt, um die Veränderungen in der Lichtstärke der Sterne und das Aufflammen neuer Sterne.

Es giebt eine kleine Reihe von Naturereignissen, die, einmal erlebt, entscheidend für den einzelnen Menschen in der Beurteilung und Neuwertung gleichsam des Alltäglichsten, Selbstverständlichsten werden. Wer je ein Erdbeben mitgemacht, hat eines dieser Phänomene kennen gelernt; es zerstört, wie Darwin sich ausdrückt, „auf einmal unsere ältesten Assoziationen; die Erde, das wahre Sinnbild der Festigkeit, hat sich unter unseren Füßen wie eine dünne Kruste auf einer Flüssigkeit bewegt, — eine einzige Sekunde Zeit hat im Geiste ein fremdartiges Gefühl der Unsicherheit hervorgerufen, welches Stunden von Nachdenken nicht erzeugt haben würden." Auch die Kulturmenschheit als Ganzes hat solche einzigen Sekunden gehabt, die ihr Weltbild mit einem Ruck verschoben. Und als einer der wichtigsten Momente dieser Art muß das Aufblitzen eines neuen Sterns am längst vertrauten Fixsternhimmel betrachtet werden. Es traf, so oft das Ereignis eintrat, die betreffende Kulturepoche jedesmal wie ein aufrüttelnder Wink, daß die Schöpfung noch nicht fertig sei. Die älteste genaue Verzeichnung einer solchen scheinbaren „Urzeugung aus dem Nichts" inmitten der Sternenschar findet sich in chinesischen Quellen für das Jahr 134 v. Chr. Und es dürfte derselbe Stern gewesen sein, der, nach Plinius' Meldung, den großen Hipparch bewogen, seinen Sternkatalog anzulegen als eine Art Vorsichtsmaßregel zur genauen Prüfung künftiger Fälle dieser Art. Das geheimnisvolle Schauspiel wiederholte sich zweimal bald nacheinander in der Zeit des Ptolemäus, durch den uns jener Katalog Hipparchs erhalten ist, unter der Regierung des großen Kunstfreundes Hadrian und

der des edlen Marcus Aurelius, der Trost vor dem Wandel der Welt in den unwandelbaren Wahrheiten stoischer Philosophie suchte. Damals stand das römische Cäsarenreich auf der Spitze; als es wieder im Fixsternreich sich regte, 393, zerbrachen bald seine letzten Planken bei der Teilung durch Theodosius. Von neuem dann ein Stern in der ersten Hälfte des neunten Jahrhunderts; es war die Zeit der großen arabischen Astronomie; der Kalif Al-Mamun ließ eben seine weltgeschichtlich bedeutsame Gradmessung vornehmen; da brach aus dem Sternbild des Skorpions jäh ein Glanz wie das Licht des Vollmondes in seinen Vierteln. Über Deutschland lastete die große Geistesnacht des dogmatischen Mittelalters, verarmt war der Forschersinn, die Idee einer Entwickelung, eines Neuwerdens lag ferner als je; aber doch verzeichnete Hepidanus, der Mönch von St. Gallen, für das Jahr 1012 in seiner Chronik das Wunder eines neuen Sterns, der drei Monate lang mit blendendem Feuer die Völker Heinrichs des Heiligen schreckte, die eben erst sich von der unerfüllten Prophezeiung, daß um das Jahr 1000 die Welt überhaupt untergehen werde, zu erholen begannen; wenn er der Lage nach dort sichtbar war, muß dieser Stern auch den kühnen Normannen auf ihren ersten Amerikafahrten geleuchtet haben! Der nächste Fall ist der schon früher in diesem Buche besprochene, den zu erleben gerade Tycho Brahe um die Wende zur großen Renaissance in der Astronomie bestimmt war, 1572. Von hier ab war jedes neue Vorkommnis ein Fest statt eines abergläubischen Gräuels. Das helle Auge Keplers grüßte freudig den Stern von 1604; er funkelte wie ein Diamant, heller als Jupiter und Saturn und verlosch schließlich wie der des Tycho. Noch bekam 1670 Dominicus Cassini seinen „Neuen“, dann schien der Himmel eine große Pause zu machen. Hundertachtundsiebzig Jahre lang ereignete sich kein Fall mehr, obwohl man jetzt danach suchte. Erst das Revolutionsjahr 1848 brachte — wie in drolliger Ironie — einen „roten“ Stern, und seitdem haben wir glücklicherweise wieder vier gut beobachtete, schon mit der Sonde der Spektral-Analyse geprüfte Proben erhalten: 1866 in der Krone, 1876 im Schwan, 1885 in der Andromeda und endlich 1892 im Fuhrmann.

Sobald einmal die Thatsache des plötzlichen Aufflammens neuer Sterne feststand, mußte sie notwendig eine Fülle von Erklärungsversuchen der verschiedensten Art hervorlocken. In der That giebt es vom rein logischen Denken und den — noch nicht durch direkte Aufschlüsse der Spektralanalyse beeinflußten — Analogieschlüssen aus ungefähr so viel Erklärungsmöglichkeiten, wie es beglaubigte Fälle von Sternneuheiten selbst giebt. Die weitgreifendste, eigentlich kosmogonische Erklärung hatten Tycho und Kepler bereits sich ausgemalt: sie glaubten an ein wirkliches Neuentstehen durch Ballung von Nebelmassen der Milchstraße zu einem „Stern“. Diese Ansicht ist die älteste, aber auch die unwahrscheinlichste. Wie immer man sich den Prozeß

einer Fixsternbildung etwa aus einem planetarischen Nebel heraus mit Kant'schen oder Laplace'schen Anleihen denken mag: gerade hier gerät man stets auf ein langsames Werden über mehr oder minder große Zeiträume hinweg. Ein Phänomen aber, wie etwa der Stern Tycho's, der aufflammte, eine kurze Weile grell leuchtete, dann rasch abglühte und endlich wieder versank, ist entweder überhaupt kein „Neu-Werden" — oder es ist ein Werden in der Form einer Katastrophe. Sehr viel plausibler war es jedenfalls, einen Anschluß zu suchen an eine Reihe entschieden verwandter Erscheinungen des Fixsternhimmels, die zwar nicht in der Weise auffällig sich gemacht haben, daß selbst mittelalterliche Mönchschroniken und chinesische Geschichtsannalen sie verzeichnet hätten, auf die sich aber doch seit Keplers Tagen auch bereits allgemach die Aufmerksamkeit der wirklichen Astronomen zu lenken begann. Es handelt sich dabei um die sogenannten veränderlichen Sterne.

Eine Reihe von Fixsternen, und zwar überwiegend solche von roter Farbe, ändern in regelmäßigen Zeitabständen ihren Glanz. Im Sternbild des Walfisches (Cetus) glüht ein roter Stern — Mira, die „Wunderbare" genannt. Mira Ceti wechselt in nicht ganz regelmäßigen Perioden von etwa 331⅓ Tagen ihre Lichtstärke von einem Maximum zweiter bis zu einem Minimum neunter Größe, also von der Helligkeit der schönsten Sterne im großen Bären bis zur Unsichtbarkeit für das bloße Auge. 42 Tage im Mittel steigt der Stern bis zum Höhepunkt seines Glanzes; vier Monate bleibt er überhaupt im ganzen sichtbar; für den Rest verhüllt er sich dem unbewaffneten Blick. Ein Stern in der Leyer zeigt im Wechsel zwei Maxima und zwei Minima der Helligkeit. Algol im Perseus weist aber das größte Wunder: er verwandelt sich in ganz regelmäßigen Abständen von je 68 Stunden und 49 Minuten aus einem Stern zweiter in einen solchen vierter Größe, und zwar in der seltsamen Verteilung, daß er etwa 60 Stunden lang seinen höchsten Glanz wahrt, dann 4½ Stunden sinkt und ebenso lange wieder steigt.

Angesichts dieses periodischen Lichtwechsels an so vielen Stellen (fast alle roten Sterne schwanken!) durfte sich die Vermutung wohl aufdrängen, ob nicht die „neuen" Sterne nur „veränderliche" mit ungeheuren Zwischenräumen eines Minimums an Licht seien. Und für die Lichtab- und Zunahme in periodischem Wechsel ließ sich wiederum dann eine Hypothese aufstellen, die das Phänomen aus dem Bereich des „Werdens" oder der „Katastrophe" ganz herauszog und in die Reihe der rein optischen Erscheinungen eingliederte. Bei Doppelsternen hatte man sich an die Existenz dunkler Körper gewöhnen müssen, die mit hellen um einen gemeinsamen Schwerpunkt kreisten. Aus eigentümlichen Störungen in der Bahn von Sirius und Procyon war Bessel zu Anfang der vierziger Jahre auf die Vermutung geraten, daß bei diesen beiden Sternen jedenfalls ein „dunkler"

Begleiter angenommen werden müsse. Als **Humboldt** in einem Briefe scherzend von einer „Gespensterwelt“ dunkler Gestirne sprach, betonte Bessel ausdrücklich, es sei „kein Grund vorhanden, das Leuchten für eine wesentliche Eigenschaft der Körper zu halten.“ „Daß zahllose Sterne,“ setzt Bessel recht wahr hinzu, „sichtbar sind, beweist offenbar nichts gegen das Dasein ebenso zahlloser unsichtbarer.“ Ein dunkler Körper aber im Banne der Gravitation gerade in unserer Gesichtslinie vor einen hellen geschoben, mußte diesen für uns verschwinden machen; endlich wieder vortretend, mochte dann der Verhüllte, vielleicht nach langer Zeit, dem Beobachter wie ein „neuer“ Stern aufflammen. Oder es mochte auch in bestimmten Abständen ein ganz regelmäßig eintretender Vorgang auf der Oberfläche eines bisher hellen Sterns diesen zeitweilig zu einem „dunklen“ degradieren. Auch unsere Sonne zeigt Flecken, die ihre regelmäßigen Maxima und Minima aufweisen und ungefähr eine elfjährige Periode innehalten. Allerdings verdunkeln sie die Sonne nicht ganz. Aber, stark vermehrt, könnten sie es wohl bewirken. Was all' diesen „friedlichen“ Erklärungen nur immer wieder entgegenstand, war die offenbare **Unregelmäßigkeit** einer Anzahl von Lichtveränderungen. Keineswegs ging das überall so glatt zu, wie etwa bei Algol. Der Stern η im Schiff, eine Fixsternsonne des südlichen Himmels, flackerte und verzehrte sich in so absolut unberechenbaren Intervallen, daß von Periodicität hier schlechterdings keine Rede sein konnte. Halley fand ihn 1677 auf St. Helena von vierter Größe; Lacaille 1751 von zweiter; Burchell 1811—1815 in Südafrika abermals von vierter, 1827 in Brasilien dagegen von erster, so hell wie der Hauptstern im südlichen Kreuz; ein Jahr später war der Stern wieder zweiten Ranges geworden und blieb so bis 1837; um diese Zeit beobachtete John Herschel am Kap; er sah den Stern am 16. Dezember 1837 plötzlich einen Glanz annehmen, der nahe an Sirius reichte; vom 2. Januar 1838 sank der Glanz abermals, bis im April 1843 ein Maximum eintrat, vor dem Kanopus und beinahe selbst Sirius weichen mußten; 1850 glühte der Stern, dunkler rot jetzt wie Mars, noch so hell wie Kanopus; seitdem ist er bis 1865 zu einem Lichtpunkt sechster Größe heruntergekommen.

Wo durch dieses Labyrinth den Faden finden? Warum auch waren es gerade überwiegend rote Sterne, die sich im Lichtwechsel gefielen?

Der ganze Kreis der hier im Rätselhaftesten sich verknotenden Erscheinungen — Lichtunterschiede, Farbverschiedenheiten und Lichtwechsel in regelloser oder geregelter Periode, wäre auf immer vielleicht ein Tummelplatz unfruchtbarer Spekulation und wertlos besonders für die Entwickelungsgeschichte des Kosmos geblieben, wenn nicht **die entscheidende Hilfe auch für dieses ganze Bündel von Fragen auf einmal durch die Spektralanalyse gekommen wäre.**

Die Anfänge spektroskopischer Zerlegung des Sternenlichts reichen zurück in die Tage **Fraunhofers**, des geistvollen Optikers von München,



Joseph Fraunhofer,
der Entdecker der nach ihm benannten Fraunhofer'schen Linien im Sonnenspektrum.

durch dessen ganze Lebensarbeit es wie ein beständiges Ahnen der großen Fundamentalgesetze der Lichtanalyse ging, ohne daß er doch die Kirchhoff-Bunsen'sche Entdeckung mehr erleben sollte. Mit sinnreicher Methode glückte es zunächst dem großen Beobachter, das Linienspektrum lichtschwacher Gestirne so zu einem Bande zu erweitern, daß eine deutliche Trennung der Einzellinien sich ermöglichte. Die Venus — als beleuchteter Planet im wesentlichen bloß Sonnenlicht zurückstrahlend — erwies sich in ihrem Lichte als „von einerlei Natur mit dem Sonnenlichte". „Ich habe," fährt Fraunhofer aber dann in bedeutsamer Stelle fort (Denkschriften d. k. Akademie d. Wissenschaften, München 1814/15) „auch mit derselben Vorrichtung Versuche mit dem Lichte einiger Fixsterne erster Größe gemacht. Da aber das Licht dieser Sterne noch vielmal schwächer ist, als das der Venus, so ist natürlich auch die Helligkeit des Farbenbildes vielmal geringer. Demohngeachtet habe ich ohne Täuschung im Farbenbilde vom Lichte des Sirius drei breite Streifen gesehen, die mit jenen vom Sonnenlichte keine Ähnlichkeit zu haben scheinen; einer dieser Streifen ist im Grünen und zwei im Blauen. Auch im Farbenbilde vom Lichte anderer Fixsterne erster Größe erkennt man Streifen; doch scheinen diese Sterne, in Beziehung auf die Streifen, unter sich verschieden zu sein." 1817 werden diese Angaben noch spezialisiert. „Im Spektrum des Sirius vermochte ich nicht in dem Orange und in der gelben Farbe fixe Linien wahrzunehmen; im Grünen dagegen ist ein sehr starker Streifen zu erkennen, und zwei andere, ungemein starke Streifen sind im Blauen, die keiner der Linien vom Planetenlichte ähnlich zu sein scheinen; wir haben ihre Orte mit dem Mikrometer bestimmt. Castor giebt ein Spektrum, welches dem des Sirius gleicht; der Streifen im Grün hat, des schwachen Lichtes ungeachtet, Intensität genug, daß ich ihn messen konnte, und ich fand ihn genau an demselben Orte wie Sirius. . . . . Im Spektrum des Pollux erkannte ich viele, aber schwache fixe Linien, welche wie die der Venus aussahen. Ich sah die Linie *D* sehr gut; sie ist genau an dem Orte wie beim Planetenlicht. Capella giebt ein Spektrum, in welchem sich an den Orten *D* und *b* dieselben fixen Linien zeigen, als in dem aus Sonnenlicht. Das Spektrum von Beteigenze enthält zahlreiche fixe Linien, die bei guter Luft scharf begrenzt sind, und wenn es gleich beim ersten Anblick keine Ähnlichkeit mit dem Spektrum der Venus zu haben scheint, so finden sich doch genau an den Orten, wo bei Sonnenlicht *D* und *b* sind, auch in dem Spektrum dieses Sterns ähnliche Linien."

Wenn man diese Worte heute liest, so wirkt es wie ein Rätsel, daß noch beinahe fünfzig Jahre vergehen sollten, ehe die eigentlich bahnbrechenden Entdeckungen über die Physik der Sterne auf Grund ihrer Spektralanalyse erfolgten. Erst 1860 nahm Donati in Florenz den fast verlorenen Faden wieder auf. In den folgenden Jahren arbeiteten dann

in parallelem Wetteifer Huggins und Miller in England und der hochverdiente Astronom des Papstes, Pater Angelo Secchi in Rom (geb. 1818. gest. 1878), ein Gelehrter von unbehinderter Konsequenz des Forschens und Denkens, dessen Thätigkeit in dieser Stellung gerade ein eigentümliches Licht wirft auf den Wechsel der Dinge seit Galilei und Giordano Bruno.

Das Erste, was diese erweiterten Untersuchungen ergaben, war die Anwesenheit einer größeren Anzahl irdischer Elemente in den glühenden



Angelo Secchi.

Atmosphären der Fixsterne. Ich habe bereits oben einmal erwähnt, daß es zu den Eigentümlichkeiten unserer Sonne gehört, die beiden Grundformen des Spektrums: kontinuierliches und einfaches Gas-Spektrum, übereinander gelagert zu zeigen, wobei die hellen Linien der oben aufliegenden Gasspektra als dunkle Striche (Fraunhofer'sche Linien) erscheinen, oder, besser gesagt, an Stelle dieser hellen Linien dunkle Lücken gewissermaßen in das Regenbogenband des kontinuierlichen Spektrums eingekerbt sind. Die Entstehung dieses Doppelspektrums erklärt sich aus dem einfachen Umstande, daß die lichtstrahlende Kernmasse der Sonne sich in jenem Zustande befindet, der ein kontinuierliches Spektrum erzeugt, während

die umhüllende Atmosphäre ein Gemenge glühender Gase darstellt, die ihre individuellen Gasspektra vor das Kernspektrum lagern und nach bestimmtem physikalischen Gesetz allemal da, wo ihr eigenes Spektrum eine helle Linie weist, einen Streifen Licht des Kernspektrums absorbieren, also eine dunkle Lücke hervorbringen. Aus der sich konsequent gleich bleibenden Lage der dunklen Linien im Sonnenspektrum läßt sich so unschwer bei Vergleichung mit der bekannten Lage heller Linien im Gasspektrum irdischer Stoffe die Existenz dieser Stoffe auch in der Sonnenatmosphäre ablesen.

Und dieses Prinzip gilt genau so für die Fixsterne.

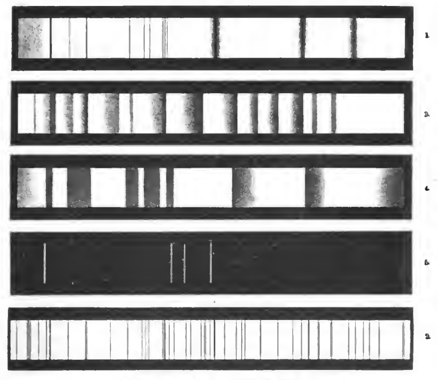
Im Spektrum des Sirius erschienen dunkle Streifen, die gewissen hellen entsprachen, die in unserm irdischen Laboratorium glühender Wasserstoff zeigt, — in der Atmosphäre des Sterns wogte also unbedingt glühender Wasserstoff. Andere Streifen verrieten bei Fixsternen die Metalle Natrium, Eisen, Magnesium u. s. w. in der Form glühender Dämpfe.

Mit dem einfachen Nachweis der allgemeinen Ähnlichkeit der Fixsterne mit unserer Sonne und der Übereinstimmung von Fixsternatmosphären, Sonnenatmosphäre und Erde hinsichtlich vieler Grundstoffe wäre nun unser Wissen zwar weit, aber noch nicht so weit gefördert worden, daß eine Erklärung auch nur hypothetischer Art jener oben erwähnten Rätsel der Farbe, Veränderlichkeit u. s. w. ermöglicht worden wäre. Angelo Secchi's Studien führten aber sehr bald zu einer äußerst folgenreichen, für die Entwickelungsgeschichte des Kosmos gar nicht genug zu schätzenden Entdeckung, die, wenn nicht ganz, so doch nahezu Licht auch in diese verwickelte Sache brachte.

Was schon Fraunhofer bei seinen schlichten Vorversuchen erkannt zu haben glaubte, bestätigte sich in weitestem Umfang: daß nämlich weder die Spektren aller Fixsterne genau dem der Sonne, noch einander unter sich entsprachen. Es zeigten sich zusammengehörige Gruppen, von denen jede einen bestimmten Typus bildete. Vier Typen solcher Art unterschied schließlich Secchi. Einem nur entsprach die Sonne, die drei andern wichen stark und in wesentlichen Punkten ab. Und jedem Typus kam mit großer Konsequenz eine bestimmte Farb-Gattung zu. Wenigstens in seiner ausgeprägtesten Form; denn die Typen, im ganzen gut erkennbar gesondert, zeigten doch schwankende Grenzposten, bei denen der eine sichtbarlich zum andern hinüberlenkte, so daß es von Anfang ziemlich deutlich blieb, daß man eine Kette von Erscheinungen vor sich hatte, deren Glieder wahrscheinlich nichts anderes darstellten als verschiedene Stufen der Entwickelung.

Der Grundriß der Typenreihe, wie ihn Secchi mit den Jahren immer anschaulicher herauszuarbeiten wußte, umfaßt zunächst vier Hauptgruppen.

Die weißen oder blauen Sterne. Muster sind Sirius, Wega, die meisten Sterne des kleinen Bären (nicht der Polarstern!). „Das Spektrum dieser Sterne ist fast kontinuierlich, nur von vier starken, dem Wasserstoff angehörigen Linien durchzogen."*) (Vergl. auf dem Bilde das



Umriß der Spektra der vier Sterntypen Secchi's.
1. Sirius. 2. Sonne. 3. α im Herkules. 4. Stern vom vierten Typus. Zum Vergleich als 5. das Gasspektrum eines Nebelflecks.
(Nach Secchi, Die Sterne. Leipzig bei Brockhaus 1878.)

Spektrum Nr 1.) Die „Verbreiterung und verschwommene Beschaffenheit derselben beweist, daß die Wasserstoffatmosphäre dieser Sterne eine sehr hohe Temperatur und eine bedeutende Dichtigkeit besitzt. Auch Spuren anderer Linien, z. B. von Magnesium, Natrium und Eisen sind bemerkbar",

*) Die Citate nach: Angelo Secchi, die Sterne; Grundzüge der Astronomie der Fixsterne. Autorisierte deutsche Ausgabe (Leipzig 1878).

doch bleiben sie undeutlich und schwach. Diese Klasse ist sehr zahlreich und umfaßt mehr als die Hälfte aller sichtbaren Sterne.

Der Typus der gelben Sterne. „Sie haben sehr feine Streifen“, „die Wasserstofflinien sind vorhanden, aber sie sind sehr fein und durchaus nicht so deutlich wie bei den Sternen des ersten Typus“ — aus allem ergiebt sich, daß das Spektrum dieser Sterne „vollkommen mit dem Sonnenspektrum übereinstimmt“. (Vergl. auf dem Bilde S. 373, Nr. 2.) Als Muster des Typus kann also die Sonne selbst gelten, von entfernten Fixsternen etwa Capella. „Auch die Sterne des zweiten Typus sind sehr zahlreich.“ Die Grenze zwischen diesem Typus und dem ersten und dritten ist übrigens keine scharfe. Prokyon im kleinen Hund leitet von eins zu zwei. Eine ganze Menge Sterne aber stehen deshalb auf der Linie zwischen dem ersten und dritten Typus, weil sie abwechselnd gelb oder rot leuchten (Arktur, Aldebaran).

Denn die dritte Stufe umfaßt den Typus der orangefarbigen und roten Sterne. Das Spektrum weicht stark von den früheren ab. Es wechseln helle und dunkle Partien in einer Weise darin, daß statt eines kontinuierlichen Spektrums mit Fraunhofer'schen Linien der Eindruck einer Reihe von Säulen entsteht, die vom roten Ende des Spektrums her beleuchtet werden, auf der anderen Seite aber im Schatten liegen. (Vergl. auf dem Bilde S. 373, Nr. 3.) Im vollständigen Spektrum zeigen sich neun solcher Säulen. Muster sind Beteigeuze im Orion und α im Herkules, der Zielpunkt unseres Sonnensystems.

Der vierte Typus, der nur durch einige kleine, blutrote Sterne dargestellt wird, erscheint im wesentlichen als eine Variante des dritten, von der Art, daß die scheinbare Beleuchtung der Säulen vom violetten Ende aus erfolgt, während die Schattenseite nach Rot liegt. (Auf dem Bilde S. 373, Nr. 4.)

Das Geheimnis der seltsamen verfinsternden Schatten in Typus drei und vier löst sich nach Secchi nur durch die Annahme, daß man in diesen roten Sternen Sonnen vor sich hat, auf denen bereits chemische Verbindungen möglich geworden sind. Secchi zog das Spektrum des glühenden Benzindampfes (also einer Verbindung aus Kohlenstoff und Wasserstoff) zur Vergleichung heran und meint direkt, daß das Spektrum des dritten und vierten Typus „das Spektrum des Kohlenstoffs in irgend einer seiner mannigfachen Formen sei“. Die Verschiedenheiten im Detail ergeben sich aus dem einfachen Umstande, daß schon „eine geringe Menge Kohlenstoff, welche zu den gewöhnlichen chemischen Elementen hinzukommt, bei der wahrhaft proteusartigen Natur dieses Elements eine unermeßliche Mannigfaltigkeit verursachen könnte“. Die wichtige Entwickelungsthatsache, auf die eine Existenz echter chemischer Verbindungen auf den Sternen vom dritten und vierten Typus schließen

läßt, ist die, daß „die Sterne, welche die Zonen (Säulen) zeigen, eine niedrigere Temperatur besitzen als diejenigen, welche nur linienförmige Metallstreifen (Fraunhofer'sche Linien) zeigen". Chemische Verbindungen können sich nur vollziehen, wenn die Temperatur nicht mehr sehr hoch ist.

Wie man in dieser knappen Zusammenstellung auf den ersten Blick sieht (und, je weiter er kam, auch Secchi selbst immer deutlicher merkte), birgt sich allem Anschein nach in der That hinter all diesen Typen nichts anderes, als eine absteigende Reihe verschiedener Erwärmungszustände. „Die einzig rationelle Klassifikation der Sterne nach ihren Spektren", schrieb H. C. Vogel in konsequenter Ausbildung dieses Gedankens 1874, „dürfte erhalten werden, wenn man von dem Gesichtspunkte ausgeht, daß sich im allgemeinen in den Spektren die Entwickelungsphase der betreffenden Weltkörper abspiegele. Es lassen sich dann drei ganz vorzüglich geschiedene Klassen aufstellen (Vogel greift Typus drei und vier Secchi's mit entschiedenem Recht unter eine Rubrik), nämlich:



Das Sternbild des Herkules,
der gegenwärtige Zielpunkt der Bewegung unserer Sonne.

1. Sterne, deren Glühzustand ein so beträchtlicher ist, daß die in ihren Atmosphären enthaltenen Metalldämpfe nur eine überaus geringe Absorption ausüben können, so daß entweder keine oder nur äußerst zarte Linien im Spektrum zu erkennen sind. Hierher gehören die weißen Sterne.

2. Sterne, bei denen, ähnlich wie bei unserer Sonne, die in den sie umgebenden Atmosphären enthaltenen Metalle sich durch kräftige Absorptionslinien im Spektrum kundgeben — gelbe Sterne —, und endlich

3. Sterne, deren Glühhitze so weit erniedrigt ist, daß Associationen der Stoffe, welche ihre Atmosphären bilden, eintreten können, welche, wie neuere Untersuchungen ergeben haben, stets durch mehr oder weniger breite Absorptionsstreifen charakterisiert sind — rote Sterne."

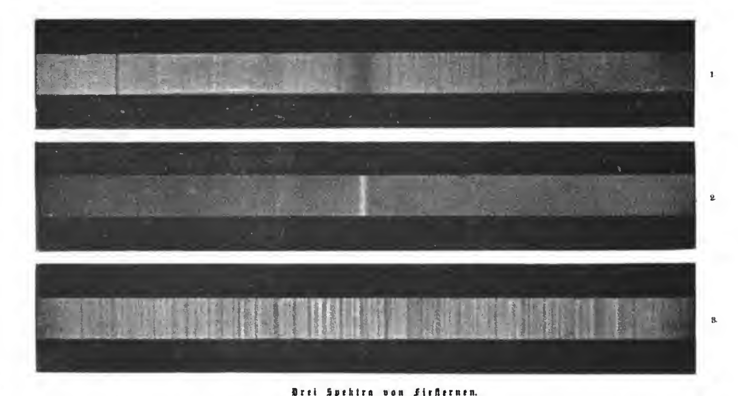
Diese grundlegenden Ausführungen und Schematisierungen muß man sich zunächst ganz klar machen, um im engeren Detail den Faden zu behalten.

Denn an diesem Detail mangelt es nicht.

Schon Secchi wies auf die Übergänge von Typus zu Typus hin, und er hat nicht minder eine kleine Ausnahmenrubrik geschaffen für ein paar

ganz abnorme Spektren, die er nicht mehr einzuordnen wußte. Faßt man aber einmal mit Vogel klar den Entwickelungsgedanken, so fragt es sich, ob diese scheinbaren Vermittelungen und Abfälle nicht noch im engeren grade erst recht wichtige Aufschlüsse über die einzelnen, langsam zu einander sinkenden Entwickelungsstadien hoffen lassen. In der That ist durch Vogel selbst und durch seine Schüler, unter denen insbesondere Scheiner eine umfassende Darlegung der ganzen Probleme 1890 veröffentlicht hat, der Weg zu einer Durcharbeitung des Generalschemas ins einzelne hinein angebahnt worden, die eine Fülle weiterer wertvoller Anhaltspunkte gewährt. Die wesentlichsten vorläufigen Resultate sind in Kürze die folgenden.

Es ist gewiß eine in hohem Grade merkwürdige Thatsache, daß es besonders die vorherrschende Erfüllung der Atmosphäre mit glühendem Wasserstoff ist, die den ersten, allem Anschein nach (mit absoluten Gewißheiten wollen wir hier natürlich nicht rechnen!) frühesten Typus der weißen Sterne auszeichnet, — merkwürdig und bedeutsam nämlich, wenn man von dem Gedanken ausgeht, daß die nächst frühere Phase vor dem Fixstern überhaupt der formlose Nebelfleck sei, unter dessen Gesamtbestandteilen (nicht bloß denen der Atmosphäre!) wir vorerst nur Wasserstoff sicher feststellen können. Und es liegt gerade in der Linie dieses Gedankengangs, wenn die genauere Analyse des ersten Typus uns nun noch eine Unterabteilung vorführt, die ernstlich beinahe wieder wie ein noch weiter zurückgeschobenes Mittelglied zwischen den Sternen mit Wasserstoffatmosphäre und den völlig freien Wasserstoffwolken der Nebelflecke ausschaut. Der Fixsternhimmel beherbergt, soweit für den Moment unsere Weisheit reicht, gerade zwei entfernte Sonnen, die einen solchen „Typus" für sich innerhalb des Typus Eins bilden. Die eine glänzt in der Cassiopeja (wenn man das bekannte W des schönen Sternbildes mit vier Strichen geschrieben denkt, so steht der Stern, auf Sternkarten als γ bezeichnet, genau in der Mitte, an der Ecke des zweiten und dritten Federstrichs), die andere in der Nähe der herrlichen Wega in der Leier (β Lyrae). Beide zeigen ein kontinuierliches Grundspektrum, — auf diesem aber keine dunklen Absorptionslinien, vielmehr die Wasserstofflinien hell, und neben ihnen noch eine besondere, ebenfalls helle Linie, die man auch in der Sonnenatmosphäre gefunden hat und deren zugehöriges, wahrscheinlich äußerst leichtes Element auf der Erde bisher nicht aufgefunden werden konnte: man hat es Helium (Sonnenstoff) getauft. Helle Gaslinien auf einem kontinuierlichen Grundspektrum würde nach gewöhnlichen Spektral-Gesetzen den Schluß nötig machen, daß hier ein weißglühender Centralkörper von einer Wasserstoff- und Helium-Atmosphäre umwickelt sei, die heißer wäre als der Kern selbst und infolgedessen, statt Fraunhofer'sche Absorptionslinien zu erzeugen, ihre bunten Gaslinien behauptete. Das



Drei Spektra von Fixsternen.

1. Sirius. 2. γ in der Cassiopeja. 3. Capella.

Nach photographischen Aufnahmen von J. Scheiner in Potsdam. (Nach Scheiner, Spektralanalyse der Gestirne. Leipzig 1890.)

wäre aber auf der andern Seite — als dauernder Zustand — wieder ein physikalisches Kuriosum wunderlichster Art. Sonst besitzt unabänderlich jeder heiße Körper im Innern eine wesentlich höhere Temperatur als an der zum kalten Weltraum gewandten Außenhülle. „Viel plausibler," sagt Scheiner, „erscheint die Annahme, daß diese Gestirne mit sehr weit ausgedehnter Atmosphäre umgeben sind und daß das Emissionsspektrum (d. i. die direkten hellen Gaslinien) von den Teilen der Atmosphäre, welche in der uns sichtbaren Projektion über die eigentliche Sternscheibe hinausragen, das Absorptionsspektrum (d. i. die Fraunhofer'schen Linien) des mittleren Teiles überlagert und überblendet." Für den Stern der Cassiopeja ist der Nachweis, daß es sich wirklich so verhalte, auf photographischen Aufnahmen ziemlich unzweideutig gelungen. (Das mittlere der drei Spektren auf S. 377 zeigt eine solche Photographie, wie sie Scheiner gegeben hat. In der Mitte eine helle Wasserstofflinie.) Das Ergebnis ist also, daß diese beiden Sonderlinge im Fixsternbereich eine sehr viel mächtigere Atmosphäre besitzen als alle andern. Von einer im Verhältnis ungeheuren Wasserstoff- und Heliumwolke umgeben, könnten sie wohl die früheste Phase des echten Fixsterns darstellen, die von allen übrigen des Typus Eins bereits überwunden ist.

Die zweite Phase dieses ersten Typus liefern dann diejenigen weißen Sterne, deren kontinuierliches Spektrum auch noch bloß von den Wasserstofflinien durchquert ist, allerdings, entsprechend einer bereits kompakter an den Kern herangezogenen Atmosphäre, in Gestalt dunkler Fraunhoferlinien. Hierher gehören noch nicht die prachtvollsten aller Weißen: Sirius und Wega. Ein Muster ist aber der helle Regulus im Sternbild des Löwen. Stern für Stern in absteigender, zu Typus Zwei überleitender Reihenfolge mehren sich dann die Metalllinien. Obwohl immer noch fein und von den Wasserstoffstrichen dick überdunkelt, zeigen sich allmählich Eisen, Calcium, Magnesium u. a., bei Sirius allein schon 38 Eisenlinien auf 91 im ganzen. Bei Prokyon endlich schmelzen unter steigender Vermehrung der Gesamtlinienzahl die Wasserstoffstriche selbst schmäler zusammen, und so bahnt sich hier der vollkommene Übergang zum zweiten Typus, dem unsere Sonne zugehört, an. (Das Bild auf S. 377 zeigt in Nr. 1 das Sirius-Spektrum nach einer Photographie. Bei der Reproduktion ist die Wasserstoffstelle in der Mitte, die bei dem darunter stehenden Spektrum von γ der Cassiopeja hell ist, zu verschwommen geworden, sie erscheint im Original dunkler.)

Neben dieser frappierenden Skala finden sich denn allerdings in der Nähe des ersten Typus einige Absonderlichkeiten, die teils besondere, sonst nicht wiederkehrende Temperaturverhältnisse, teils wohl auch Zusammensetzung aus zum Teil für Sonne und Erde unbekannten Stoffen anzudeuten scheinen. Bei mehreren Orionsternen taucht eine ganz fremde Fraunhofer'sche Linie auf, die mit keinem Element zu identifizieren ist und

nur noch einmal (bei Algol) wiederkehrt. Vielleicht entspricht sie einer hellen im Nebel des Orion und könnte so einmal einen Fingerzeig abgeben für den Zusammenhang von Nebel und Sternen in jener grandiosen Riesenwelt, wo ein Rätsel das andere jagt. Doch ist alles hier noch sehr dunkel. Auf absonderliche Temperaturverhältnisse weist eine kleine Sterngruppe, deren Spektra nur wenige Metalllinien, aber die Wasserstofflinien ebenso schwach und scharf wie diese zeigen. α im Schwan gehört hierher und auch wieder zwei Orionsterne (ε, der mittelste der drei Gürtelsterne, und β, der prachtvolle Kniestern Rigel).

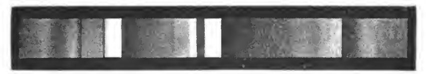
Allen Sternen des ersten Typus gleichmäßig zukommend ist die auffallende Intensität der brechbaren Teile des Spektrums, Blau und Violett. Im ultravioletten Spektrumfortsatz haben sich bei den photographischen Aufnahmen durch Huggins eine größere Reihe starker dunkler Linien eingezeichnet, von denen ziemlich sicher ist, daß sie dem Wasserstoff angehören.

Zu dem zweiten Typus Secchi's ist als wichtigstes beizufügen, daß auch hier eine Nebengruppe sich zeigt, die ein paar helle Gaslinien besitzt, darunter wahrscheinlich eine Wasserstofflinie und ein paar mit nichts Bekanntem zu identifizierende andere. Daneben — und das ist das sehr Interessante — zeigt sich aber ein echtes Absorptionsspektrum mit Fraunhoferschen Linien. Das Spektrum setzt sich also „aus drei Komponenten zusammen. Zunächst aus einem kontinuierlichen, herrührend von einer glühenden Photosphäre, und einem Absorptionsspektrum, jedenfalls in ähnlicher Weise erzeugt, wie bei den übrigen Sternen, also durch eine Atmosphäre niedriger Temperatur. Die Ursache des Emissionsspektrums (das die hellen Linien erzeugt!) ist hier ohne weiteres gegeben, sie kann nicht darauf beruhen, daß eine Gashülle von höherer Temperatur als diejenige der Photosphäre den Kern umgiebt, da durch die gleichzeitige Anwesenheit des Absorptionsspektrums die Existenz einer kühleren Atmosphäre bereits nachgewiesen ist. Es bleibt also auch hier nur übrig anzunehmen, daß eine Hülle von außerordentlicher Mächtigkeit, aus uns unbekannten Gasen bestehend, die absorbierende Gashülle umgiebt und aus demselben Grunde wie beim Typus Ic (jener oben berührten Vorstufe des ersten Typus) die hellen Linien erzeugt.“ (Scheiner.)

Im übrigen liefern grade die gelben Sterne den eklatantesten Beweis der außerordentlichen Gleichförmigkeit großer Sterngruppen. Der herrliche Stern α (Capella) im Fuhrmann, (nächst ihm auch Arktur im Bootes, dessen gelbrötliche Farbe im Gegensatz zu der weißblauen Wega selbst dem ungeübten Auge so leicht bemerkbar wird), — er stimmt bis in die kleinsten Einzelstrichelchen seines Spektrums hinein so absolut mit unserer Sonne überein, daß die Gleichförmigkeit des Entwickelungsstadiums sich offenbar bis auf alle „Dichtigkeits- und Temperaturverhältnisse und gleichsam auf die prozentische Zusammensetzung der verschiedenen Elemente erstreckt.“

Unser Bild auf S. 377 liefert in Nr. 3 eine photographische Aufnahme des Spektrums von Capella im Fuhrmann; einige scheinbar helle Linien rechts sind dabei auf Kosten der hier stets sehr erschwerten Reproduktion zu setzen, — von echten hellen Linien nach Art der Wasserstofflinie in dem darüber stehenden Spektrum von γ der Cassiopeja ist hier keine Rede.

Vom zweiten zum dritten Typus leitet eine sehr schöne Stammbaumlinie: Capella, Arktur, Aldebaran im Stier, γ im Schwan, α (Beteigeuze) im Orion. Die rote Farbe des dritten Typus erweist sich dabei durchaus als eine im Spektrum begründete: nachdem schon im zweiten Typus die hohe Leuchtkraft der blauen und violetten Strahlen erheblich abgenommen, tritt jetzt durch allgemeine Absorption und Vermehrung der dunklen Linien im brechbareren Teile des Farbenbandes eine fast vollkommene Verfinsterung ein, so daß Rot, Gelb und Grün das absolute Übergewicht erhalten. Aber auch durch diese relativ hellen Teile ziehen sich jetzt wie



Spektrum eines dunkelroten Sterns (Secchi's vierter Typus).
Nach einer Zeichnung von H. C. Vogel.

Rauchsäulen jene düsteren Absorptionsbänder, die mit echten Metalllinien nichts mehr zu schaffen haben, vielmehr gedeutet werden müssen als die mahnenden Schatten einer durch wachsende Erkaltung ermöglichten engeren Verschwisterung des Stoffs zu chemischen Verbindungen, in denen Element mit Element zu einer Einheit zweiten Grades verschmilzt. Faßt man — wie es wohl mit Recht geschieht — den dritten und vierten Typus Secchi's bloß als zwei (vielleicht koordinierte) Phasen des einen der roten Sterne, so sind α (Beteigeuze) im Orion und α im Herkules Muster der ersten Stufe. Daß es sich bei ihrem Säulenspektrum um chemische Verbindungen handelt, um Metall-Oxyde, unterliegt keinem Zweifel mehr. Die Frage, welche Verbindungen gerade besonders in Betracht kommen, ist vorläufig aber erst für die zweite Stufe, Secchi's vierten Typus, zu entscheiden. Nachdem Secchi selbst schon auf Kohlenwasserstoffe geraten hatte, kann nach den genauen Ausmessungen Vogels das Problem in jenem Sinne definitiv für gelöst gelten: die Atmosphäre der neun kleinen, blutroten Sterne (sie rechnen alle von der fünften Größenklasse abwärts) enthält zweifellos eine Kohlenwasserstoffverbindung in glühendem Zustande. (Vergl. das obenstehende Spektrum.) Noch einen Schritt weiter, und die Absorption würde zu einer vollkommenen Verfinsterung führen. Der wahre vierte Typus wäre der dunkle Stern.

Das ist im wesentlichen das spektralanalytische Ergebnis für die große Masse der Fixsternwelt. Das Geheimnis der Sternfarben ist mit ihm endgiltig gelöst. Aber noch hebt sich aus all der Fülle prächtigster Aufschlüsse die Frage heraus: wie sich zu diesen drei oder vier Typen nun die veränderlichen und die neuen Sterne verhalten?

In der Typenreihe gespiegelt sehen wir (hoher Wahrscheinlichkeit nach) eine Reihe gleichsam für den Moment fixierter Entwickelungsetappen. Was wir aber nicht sehen, ist der eigentliche Übergang, die Handlung der Verwandlung selbst. Wir ahnen als ihre treibende Macht die zunehmende Erkaltung, — gewiß! Und die Analogie des Bekannten legt nahe, daß es sich dabei um ungeheuer langsame Prozesse handele. Andererseits nun weist die Naturgeschichte jener seltsamen „Veränderlichen" und „Neuen" allerlei Anzeichen, die dazu nicht recht passen wollen. Zum Glück hat aber auch hier die Spektralanalyse sich rührig ins Zeug gelegt und die Aufruhrgeister in etwas wenigstens bannen gelehrt.

Das Erste, was — ähnlich wie bei den Nebelflecken — die Spektralanalyse als notwendigste Forderung aufgenötigt hat, ist die Erklärung aus verschiedenen Ursachen heraus.

Wenigstens drei unzweideutig voneinander unabhängige Kausalzusammenhänge führen — so zeigt sie — zu jenen sichtbaren Umwandlungen am Fixsternhimmel. Zunächst sind auszuscheiden eine kleine Reihe „Veränderlicher" mit relativ kurzer und ziemlich regelmäßiger Periode, bei denen das „Verschwinden" einfach bewirkt wird durch die verfinsternde Nähe eines dunklen Begleiters, also eine buchstäbliche Sonnenfinsternis, die mit physischen Umwandlungen der Sternoberfläche selbst absolut nichts zu thun hat. Einige weiße und blaue Sterne (also vom ersten Typus) gehören hierher, und das charakteristische Exempel ist der schon erwähnte Algol im Sternbild des Perseus. Schon Secchi fand, daß sein Spektrum vor und nach dem Verschwinden keinerlei Veränderungen zeigte, und schloß, daß hier entschieden die Theorie eines dunklen Trabanten am Platze sein müsse, so wenig diese auch auf alle Fälle von „Veränderlichen" passen wollte. Neuerdings ist dann durch Vogel und Scheiner in Potsdam eine gewisse Verschiebung im Spektrum allerdings doch nachgewiesen worden, aber gerade die, welche die Trabanten-Theorie völlig über jeden Zweifel erhebt. Der Leser erinnert sich, daß nach einem früher erörterten Gesetz im Spektrum eines Sternes, der sich uns nähert, die dunklen Linien nach dem violetten Ende verschoben erscheinen und umgekehrt bei dem sich entfernenden nach dem roten. Beides geschieht bei Algol abwechselnd: vor der Verfinsterung gehen die Linien nach Rot, — er entfernt sich also von uns, nach der Verhüllung schweifen sie nach Violett aus, — er kommt also wieder auf uns zu. Die Geschwindigkeit der Bewegung berechnet sich auf 42 Kilometer in der Sekunde für Algol und 89 für seinen Begleiter.

Unter Annahme einer Kreisbahn und gleicher Dichtigkeit der beiden durch die Gravitation aneinander gefesselten Körper, von denen einer hell, der andere (wenigstens relativ) finster ist, ergeben sich als annähernde Dimensionen des Systems: Durchmesser des Hauptsterns 1 700 000 Kilometer (unsere Sonne hat bloß 1 390 000 Kilometer!); Durchmesser des dunklen Begleiters 1 330 000 Kilometer; Entfernung der Mittelpunkte beider voneinander 5 180 000 Kilometer (bei uns steht der nächste Planet, Merkur, bereits acht ganze Millionen Meilen von der Sonne ab!). Zur Erklärung der Einzelheiten der Licht-Abnahme und -Zunahme bei der periodischen Verfinsterung ist die Annahme geboten, daß der leuchtende Hauptstern eine Atmosphäre von 400 000 Kilometer Höhe und energischer Leuchtkraft, der dunkle Begleiter dagegen eine ungemein stark absorbierende (Licht aufsaugende) Atmosphäre von 310 000 Kilometer Höhe besitzt. Es ist dabei keineswegs ausgeschlossen, daß auch der dunkle Zwilling noch eine beträchtliche Hitze in sich hegt und nur relativ dunkel neben dem glänzenden Genossen erscheint. Gewisse, etwa für 141 Jahre periodische Schwankungen in den im allgemeinen so regelmäßigen Lichtphasen von rund 2 Tagen 21 Stunden Dauer haben übrigens noch zu der weiteren Vermutung Anlaß gegeben, daß in einiger Entfernung noch ein dritter, ebenfalls dunkler Körper sein Wesen treibe. Algol mitsamt seinem finstern Bruder würde diesen als seine finstere Centralsonne in etwa 130 Jahren einmal auf einer Bahn, die unserer Uranusbahn entspricht, umkreisen. Möglicherweise wird die Rechnung sich auch noch bis zu einem vierten Gliede des Systems komplizieren, so daß hier der Lichtwechsel uns schließlich Einblick in ein wirkliches „Gespensterreich" dunkler Welten geben dürfte, zwischen denen Algol allein noch als Glutball flammt. Für den Stern Mizar, den mittelsten der drei Deichsel- oder Schwanzsterne im großen Bären, ist ein ähnliches System wie bei Algol wahrscheinlich, obwohl hier infolge der Bahnneigung der einander umkreisenden Gestirne gegen unsere Gesichtslinie eine periodische Verfinsterung sich nicht bemerkbar macht. Jedenfalls ist von den wirklich veränderlichen Sternen der kleinste Prozentsatz nur im Sinne Algols zu erklären.

Auch die zweite Gruppe, die das Spektroskop aus der Masse sondert, setzt sich bloß aus ein paar Sternen zusammen, nämlich den seit Entdeckung der Spektralanalyse beobachteten „Neuen". Es liegt aber kein Grund vor, ihr nicht die ganze Reihe der großen, plötzlich aufblitzenden und wieder verblassenden „neuen" Fixsternsonnen seit Hipparchs Tagen zuzuzählen. Als am 12. Mai 1866 im Sternbild der Krone ein kleines Sternfünkchen jäh zu einer hellen Leuchte zweiter Größe sich steigerte, wies das Spektroskop den Beobachtern Huggins und Miller ein dreifaches Spektrum, das sich im Prinzip wohl vergleichen ließ mit dem jener Untergruppe zum zweiten Typus: zu unterst ein kontinuierliches Band, darauf die Fraun-

hofer'schen Linien einer kühleren, absorbierenden Metalldampf-Atmosphäre, und als oberste Schicht ein helles Gasspektrum, in dem zwei Linien unbedingt dem Wasserstoff angehörten. Entsprechende Phänomene offenbarte der „neue" Stern von 1876 im Schwan, den Vogel verfolgt hat. Das Überraschende lag in beiden Fällen nicht eigentlich in der Existenz eines dreifachen Spektrums (die oben für jene Ausnahme vom zweiten Typus gegebene Erklärung durch eine nur sehr ausgedehnte, nicht aber besonders heiße Wasserstoff- resp. Helium-Atmosphäre würde ja auch hier ausreichen!), sondern in dem plötzlichen Entstehen und dem raschen Wiederverschwinden. In diesem Fall mußte die Wasserstoffatmosphäre plötzlich in dieser Form entstanden sein, oder sie mußte hier doch thatsächlich jäh in eine ungeheure, den Kern überstrahlende Glut gebracht worden sein. Und so sah man sich vor eine Katastrophe gestellt. Die naheliegendste Annahme, die auch zuerst gemacht worden ist, war die, daß es sich um zwei durch unvermeidliche Bahnkreuzung zum Zusammenprall gebrachte, bereits längst erkaltete und dunkle Weltkörper handle, die durch den Stoß in den Zustand äußerster Glut versetzt würden. Diese Theorie ist wahrscheinlich deshalb hinfällig, weil die so rasch erfolgte Helligkeitsabnahme der plötzlich aufglühenden Sterne dieser Art sich ihr nicht einpassen läßt: eine so riesige Gesamtdurchglutung könnte schwerlich so rapid wieder herunterbrennen. Viel wahrscheinlicher ist, daß es sich um einen Vorgang auf der Oberfläche eines einzelnen mehr oder minder dunklen Sternes handelt, — allerdings jedenfalls auch einen gewaltsamen Vorgang. Zöllner dachte an das zeitweilige Zerbersten der schon nicht mehr glühenden Schlackenhülle eines Sternes, der den dritten Typus längst überschritten hatte und dunkel geworden war. Durch den Riß quellen die eingeschlossenen Glutmassen hervor, durch die ausströmende Hitze werden die chemischen Verbindungen der Rinde zersetzt, was noch mehr Wärme und Licht frei macht, und aus dem ganzen brodelnden Chaos endlich sausten Gaswolken herauf von einer so enormen Temperatur, daß ihr Spektrum zeitweilig das des ursprünglichen Glutherdes überbietet und als Emissionsspektrum helle Linien erzeugt. Das „Warum" des Zerplatzens der festen Hülle erklärt diese Hypothese allerdings nicht. Andere haben als Ursache der plötzlichen Glut an das jähe Entstehen bestimmter chemischer Verbindungen, die von starker Wärmeentbindung begleitet wären, gedacht, — an Eruptionen glühender Gase infolge einer Flutwelle des Innern beim Nahekommen eines mächtig anziehenden zweiten Gestirns, — an den Absturz einer relativ kleinen Masse, etwa eines Planeten, in die schon erkaltete Sonne, der für ein paar Monate einen engen Fleck der Oberfläche noch einmal zum Leben weckte, — Hypothesen, bei denen als Hauptleitpunkt doch immer die Katastrophe, das „Plötzliche", bleibt.

Die neuesten Beobachtungsergebnisse, anknüpfend bei dem am 23. Januar 1892 entdeckten Stern im Bilde des Fuhrmanns in

der Milchstraße, haben, obwohl auch sie die Ursachenfrage offen lassen, diesen Kardinalpunkt nur noch in umfassender Weise zu bestätigen vermocht. Am 1. Februar erhielt die Sternwarte zu Cambridge in Nordamerika eine anonyme Postkarte, die aufforderte, an der bezeichneten Stelle sich von der Existenz eines dem bloßen Auge sichtbaren Sterns fünfter Größe zu überzeugen; die Bonner Sternkarten, die alle im Fernrohre sichtbaren Sterne bis zur Größe 9½ verzeichneten, enthielten den Stern nicht. Sein Licht mußte sich also neuerdings zum mindesten um das 150fache verstärkt haben, da das Wachstum der Lichtstärke von Klasse zu Klasse im Verhältnis von 2½ angenommen wird, — falls der Stern überhaupt vorher vorhanden gewesen war. Als Schreiber der Postkarte stellte sich nachher ein fleißig beobachtender Geistlicher, Anderson, heraus. — das Merkwürdigste aber war, daß auf einer Reihe von Photographien der Sternspektra jener Himmelsgegend, die Pickering in Cambridge seit 1885 aufgenommen, der Stern — ohne daß ihn jemand beachtet — bereits seit dem 16. Dezember 1891 sich gleichsam selbst eingezeichnet hatte, am 20. Dezember sogar mit einer Größe von 4,4, die offenbar den im Januar längst überschrittenen Höhepunkt seiner Lichtzunahme anzeigte. Das Spektrum, das auf der Licksternwarte und von Vogel in Potsdam aufs sorgsamste untersucht wurde, wies diesmal nicht bloß wieder als oberste Schicht glühenden Wasserstoff, sondern es zeigte noch besondere Spuren ganz verwickelter, anscheinend auch durchaus enormen Revolutionen entsprechender Vorgänge. Jene bedeutsame, auf gradlinige Entfernung oder Annäherung hinweisende Verschiebung der dunklen und hellen Linien erwies sich bei den einzelnen Bestandteilen der übereinanderliegenden Spektren so ungleich, daß die Annahme unabweisbar schien, es eile ein Teil der Masse mit der fast unglaublichen Schnelligkeit von 670 Kilometern Geschwindigkeit pro Sekunde und ein anderer mit der von 37 Kilometern auf uns los, während ein anderer mit 480 Kilometern Schnelligkeit sich entfernte. Will man an dem Bilde der Eruption glühenden Wasserstoffs aus der zerborstenen Hülle des Sternes heraus auch hier noch festhalten, so muß man sich denken, daß es sich um mehrere riesige Gasausströmungen handelte, von denen besonders eine, aus der Seite losbrechend, sich nach hinten von uns abwandte und entfernte. Es wäre aber auch grade angesichts dieser Komplikation der Spektren sehr gut möglich, daß es sich um zwei in rasender Jagd dicht aneinander vorbei sausende Weltkörper handelte, die sich gegenseitig momentan zu kolossalen Gas-Eruptionen aus dem Innern heraus erregten. So bleibt uns als wichtigstes Resultat der spektralanalytischen Untersuchung unbedingt die Thatsache, daß bei einem kleinen Kreise „Veränderlicher“ unzweideutig wirkliche „Katastrophen“ vorliegen, und zwar Katastrophen, für die, wie wir wenig später sehen werden, gerade die Eruptionen glühenden Wasserstoffs noch einen besonders wertvollen Fingerzeig abgeben. Lassen wir

die Erörterung darüber einstweilen beiseite, um erst noch die spektralanalytischen Ergebnisse für die dritte, wichtigste Gruppe der Veränderlichen und Neuen zu betrachten. Sie führten uns von selbst einem neuen Gebiete zu, wo auch jene Dinge ein eigenartiges Leben gewinnen.

Der Leser erinnert sich der mehr oder minder regelmäßig Veränderlichen vom Schlage der Mira Ceti. Die Regelmäßigkeit des Lichtwechsels war in einzelnen Fällen (η Argus) eine problematische. Aber jedenfalls handelt es sich — im Gegensatz zu Algol — um eine wirkliche Oberflächenveränderung dabei. Wechselnd verdunkelt und erhellt sich entsprechend auch das Spektrum. Es sind wesentlich rote Sterne, die hierher rechnen, — von der Grenze des zweiten und dritten Typus. Und es ist, als wenn ein besonderes Geheimnis des dritten Typus in ihnen walte. Nun haben wir vorhin gesehen, daß das Charakteristische dieses Typus das Auftreten chemischer Verbindungen sei. Diese chemischen Verbindungen lagern sich als Schattenwolken über die mählich abglühende Oberfläche, bis endlich jede Lichtentsendung versiegt. Betrachtet man unter diesem Gesichtspunkte den Lichtwechsel etwa jener Mira im Sternbild des Walfischs, die von einer prachtvoll gelbroten Sonne zweiter Größe in 331⅓ Tagen bis zu einer düsterroten neunten Grades herunterglüht, so erwehrt man sich schwer der Vermutung, daß es sich um ein periodisches Anwachsen und Wiederauflösen solcher „chemischer“ Schatten handle, — um eine periodische Fleckenbildung und Trübung der sichtbaren Oberfläche mit nachfolgendem, stets erneutem Reinigungsprozeß. Für die ganz regelmäßig periodischen Wechselsterne dieser Art dachte man gelegentlich an die Möglichkeit einer bloß einseitigen dauerhaften Verdunkelung jener Art; jede Rotation sollte einmal die helle, dann die dunkle Seite zeigen. Aber die Perioden sind lang, — es kämen (sehr im Gegensatz zu unserer in 25 Tagen einmal sich umdrehenden Sonne) Rotationen von Jahresfrist heraus, was wieder unwahrscheinlich ist. In der Suche nach einer Erklärungsbrücke, die die sonst so plausible Theorie der roten Sterne über diese Begleitthatsache seltsamster Art (sehr zahlreiche rote Sterne sind etwas veränderlich, vielleicht alle!) hinwegretten sollte, hat sich nun eben durch spektroskopische Ermittelungen ein, wie es scheint, äußerst glücklicher Ausweg gezeigt. Er hat nicht die eigentliche Erklärung gegeben, aber gewissermaßen eine genügende Einordnung des isolierten Falls in einen umfassenderen Hintergrund. Das Spektrum der Sonnenflecke weist eine unverkennbare Ähnlichkeit mit dem Spektrum der roten Sterne vom dritten Typus überhaupt. Und das Auftreten dieser Flecke erfolgt in einer ebenfalls unverkennbar regelmäßigen Periode. Dem Leser wird der Zusammenhang, was das hier soll, nicht ohne weiteres klar sein. Aber was ist die Sonne? Ein uns zufällig nahe stehender, genau zu beobachtender gelber Fixstern vom zweiten Typus. Das einzige

an ihr, was sich dem dritten, dem roten Typus schon zu nähern scheint, sind ihre Flecken. Über die ganze Scheibe vermehrt, würden sie sie — soweit das Spektrum beweisend ist — zu einem echten dritten Stern machen. Vorläufig ist davon nichts der Fall. Aber wir sehen die Flecken kommen und schwinden. Jetzt mehr, jetzt weniger. In regelmäßigen Perioden! Waltet hier nicht im kleinen bereits dasselbe Gesetz, das einen echten veränderlichen roten Stern, wie Mira, heute relativ auch noch entwölkt, nach so und so viel Tagen aber immer mehr umdüstert bis zu einem Maximum, vom dem ab die Erhellung wieder reger wird?

Wir sehen, es ist an dieser Stelle unbedingt geboten, daß wir, um alle jene vielen Bilder der Fixsternwelt gleichsam in einen Brennpunkt zu sammeln, ein bisher absichtlich Versäumtes umfassend nachholen: die Betrachtung jenes einen uns so nahe geschenkten Fixsterns, — der Sonne. An eine feste Stelle zwar der Typenkette durch ihr gegenwärtiges Entwickelungsstadium gebannt, wird sie uns doch Aufschluß geben über vieles auch schon für sie Vergangenes und ebenso über noch Bevorstehendes, — der einzelnen Tierart gleich, die in mancherlei Rudimenten ihres Leibes thatsächlich eine ungeheure Vergangenheit noch in sich trägt und ebenso in hunderterlei Ansätzen und Möglichkeiten eine weite Zukunft.

Den schönen Phantasien antiker Mythologie war die Sonne ein Gott. Die Wissenschaft hat mit diesem Gotte gerungen bis zum Ermatten fast, um sein wahres Antlitz endlich zu enträtseln. Und aus den schwachen Anfängen ihres schließlichen Sieges über den Unnahbaren geht heute bereits ein Bild hervor, größer und überwältigender als alles, was naive Anschauung kindlichen Völkergemüts irgend auszuspinnen vermochte. Ein Schauspiel thut sich auf, nichts anderem zu vergleichen an titanenhafter Naturgewalt. Und alle Schauer des Erhabenen müssen den umwehen, der ihm bewußt entgegentritt.

Über wenige Dinge der Welt nur haben sich die Ansichten der Forscher im Laufe der letzten hundert Jahre so fundamental geändert wie über die Physik des Sonnenkolosses. Als man mühsam erst ein allgemeines Bild sich erworben von der unwahrscheinlich gigantischen Größe des Objekts, versuchte man sich an ihm auch mit geradezu gigantischen Irrtümern, die erst spät die Spektralanalyse wegfegen sollte. Noch heute ist allerdings jene Größe den meisten Laien nicht in der wünschenswerten Weise gegenwärtig, wenn sie sich von den Wundern der Sonnenoberfläche erzählen lassen. Der Durchmesser der Sonne übertrifft den der Erde um das hundertzehnfache. Wenn eine Reise um die Erde im günstigsten Falle zu 80 Tagen angesetzt wird, so würde der betreffende Reisende 24 Jahre nötig haben, um die Sonne zu umsegeln. „Wenn,“

sagt der Astronom Young mit einem sehr anschaulichen Bilde, „wir zu einem kleinen Erdglobus von 1 dm Durchmesser einen entsprechenden Sonnenglobus herstellen wollten, so müßten wir demselben einen Durchmesser von beinahe 11 m geben, und beide Körper müßten in einer Entfernung von etwa 1200 m aufgestellt werden. Wenn wir uns vorstellen, die Erde befände sich im Mittelpunkte einer Hohlkugel von der Größe der Sonnenoberfläche, so würde uns dieselbe wie ein Himmelsgewölbe erscheinen, in welchem für die Bewegung des Mondes hinreichender Raum sein würde. Ja, da die Entfernung des Mondes von der Erde ungefähr gleich 52 000 Meilen ist, so könnte sich im Innern jener Hohlkugel noch ein zweiter Trabant um die Erde bewegen, der vom Monde noch 41 000 Meilen entfernt wäre.“ Bedeutsamerweise steht allerdings mit dieser enormen Überlegenheit des Sonnenumfanges über den der Erde das Gewicht in keinem annähernden Verhältnis: die Sonnenmasse ist nur etwa 330 000 mal so groß wie die Erdmasse, was bei der Riesigkeit des Raumes, den die Sonnenkugel einnimmt, besagen will, daß die Dichtigkeit des Stoffes im Sonnenball nur dem vierten Teil der Dichtigkeit des in unserer Erde angehäuften Materials entspricht.

Die Zahlen und Bilder werden den Begriff „groß“ etwas gestützt haben. Und dieser überwältigend große Körper erscheint unsern Sinnen nun im Zustande außerordentlichster Glut: er leuchtet und wärmt bis zu unserer Erde, zwanzig Millionen Meilen weit, mit der uns allen bekannten Intensität herüber. Bei einer ungefähren Temperatur von wahrscheinlich 10000° C. an der Oberfläche — einer Hitze, die ausreichen würde, eine daraufgelegte Eisschicht von 14³,₄ m Dicke binnen einer Minute zu schmelzen — und bei einer Leuchtkraft von anderthalb tausend Quatrillionen Kerzenflammen in der Gesamtwirkung . . . . bietet sich uns ein himmlischer Ofen dar, über dessen Heizmaterial und innere Beschaffenheit man sich füglich den Kopf zerbrechen mag.

Zweiundeinhalb Jahrhunderte vor Entdeckung der Spektralanalyse — in der großen Zeit der ersten Fernrohr-Triumphe des Meisters Galilei — fand sich gewissermaßen die erste Handhabe zu einer Eroberung dieser bisher ganz unnahbaren Sonnenwelt durch den Menschengeist. Man wurde sich klar, daß inmitten des von allen Dichtern in allen Zungen gefeierten „makellosen Sonnenschildes“ bisweilen ganz unzweideutig dunkle Flecken auftauchten. Es war an einem Dezembermorgen des Jahres 1610. In der Pfarrei zu Osteel beobachtete seit Jahren der ehrsame Pfarrer, Herr David Fabricius, in allen Mußestunden eifrig den gestirnten Himmel, und die Liebe an diesen Dingen war auch auf seinen Sohn Johannes übergegangen. Seit kurzem hatte das neuerfundene Fernrohr hohes Glück in diesen bescheidenen, aber an allem Besten der Zeit beteiligten Kreis gebracht. An jenem Morgen nun richtete, so erzählt er selbst, der jüngere Fabricius



Gruppe von Sonnenflecken.

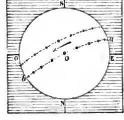
Von Nasmyth am 5. Juni 1864 nach der Natur gezeichnet.

das Fernrohr nach der Sonne. „Sie schien mir allerlei Ungleichheiten und Rauhigkeiten zu haben, auch um den Rand .... Indem ich nun das aufmerksam betrachte, zeigt sich mir unerwartet ein schwärzlicher Flecken von nicht geringer Größe in Vergleichung mit dem Sonnenkörper .... Ich glaubte vorbeiziehende Wolken stellen den Flecken dar. Ich wiederholte die Wahrnehmung wohl zehnmal durch batavische Fernröhre von verschiedener Größe, versicherte mich endlich, Wolken verursachen diesen Fleck nicht. Indessen wollte ich doch mir allein nicht trauen, rief also den Vater, bei dem ich mich damals nach meiner Rückkehr aus den Niederlanden befand .... Wir fingen beide mit dem Fernrohr die Sonnenstrahlen auf, anfangs am Rande, gingen nach und nach gegen die Mitte, bis das Auge an die Strahlen gewohnt war, und wir die ganze Sonnenscheibe sehen konnten. Da sahen wir das Erwähnte deutlicher und gewisser ... So verging uns der erste Tag, und unserer Neugier war die Nacht beschwerlich, die uns unter Zweifeln verging, ob der Flecken in oder außer der Sonne wäre .... Den folgenden Morgen erschien mir beim ersten Anblick der Flecken wiederum, zu meiner großen Freude, weil ich von den erwähnten beiden Meinungen der ersten gewesen war .... Indessen schien der Flecken seine Stelle ein wenig verändert zu haben, was uns Bedenken machte. Um die Augen zu schonen, ließen wir das Sonnenbild durch eine dunkle Öffnung in ein finsteres Zimmer fallen .... Nun war es drei Tage lang trüb. Als wir wieder heiteren Himmel bekamen, war der Flecken von Osten gegen Westen in einiger Schiefe fortgerückt. Wir bemerkten am Sonnenrande einen andern kleinern, der aber dem großen folgte, und in wenig Tagen ins Mittel der Sonnenscheibe kam. Noch einer kam dazu, wir sahen drei. Der größere entzog sich am entgegengesetzten Rande nach und nach unserm Anblicke, und daß die andern eben dergleichen vorhatten, sah man aus ihrer Bewegung. Eine Art von Hoffnung ließ mich Wiederkunft erwarten. Nach zehn Tagen fing der größere wiederum an am östlichen Rande zu erscheinen; wie der weiter in die Sonnenscheibe hineinging, folgten auch die übrigen, die sich am Rande allemal undeutlich zeigten. Das leitete mich also auf eine Umwälzung der Flecken; darüber wollte ich nicht aus einer einzigen Revolution urteilen, sondern aus etlichen folgenden, die ich vom Anfang des Jahres bis auf die jetzige Zeit nicht allein angemerkt habe, sondern auch andere mit mir.“ *)

*) Wie man schon aus diesem ersten Berichte des Entdeckers ersieht, lieferten die Sonnenflecke, ganz abgesehen von ihrer physischen Bedeutung einen Anhaltspunkt, um wenigstens im groben Umriß die Dauer einer Umdrehung der Sonne um ihre Achse zu ergründen. Die jetzt giltige Zahl beträgt im Mittel fünfundzwanzig Tage und einige Stunden. Was die genaue Feststellung behindert, ist (abgesehen von gewissen Seltsamkeiten der Sonnenrotation selbst) der Umstand, daß die Sonnenflecke neben der zwangsweisen Bewegung,



Johannes Fabricius ist früh gestorben. Aber sein Name bleibt unsterblich durch diesen glücklichen Fund der Sonnenflecken, — eine Entdeckung, folgenreich wie wenige, wenn sie auch damals in der Luft lag. Nicht viel fehlte, und der Jesuitenpater Christoph Scheiner zu Ingolstadt, ein Vorgänger des trefflichen Secchi, hätte dem protestantischen Pastorssohne die Palme geraubt, — auch er sah 1611, als Fabricius noch nichts veröffentlicht hatte, unanzweifelbare Flecken in der Sonne; aber sein geistlicher Vorgesetzter Busäus, von dem Funde pflichtschuldigst in Kenntnis gesetzt, hemmte ihn an der sofortigen Bekanntgebung der wunderbaren Entdeckung mit der denkwürdigen Strafpredigt: „Ich habe die Schriften des Aristoteles mehreremal von Anfang bis zu Ende durchstudiert und kann versichern, daß ich darin nichts von dem gefunden habe, was Du erzählst. Geh hin, mein Sohn, und beruhige Dich. Sei versichert, daß das, was Du für Flecken auf der Sonne hieltest, Fehler Deiner Gläser oder Deiner Augen sind.“ Umsonst! Die Zeit des allein seligmachenden Aristoteles war um: die Wahrheit ließ sich nicht mehr verhängen, und



Scheinbare Bewegung der Sonnenflecken.

In Wahrheit bewegt sich die Sonne, auf deren Oberfläche der Fleck steht, von West nach Ost um ihre Achse.

(Vergl. die Anmerkung unten.)

---

die ihnen der rotierende Sonnenball aufnötigt, noch mehr oder minder komplizierte Eigenbewegungen auf der Sonnenoberfläche selbst ausführen. Für den Beobachter auf der Erde, der mit dieser Erde selbst während jeder Sonnenrotation sich ein Stück weit vorwärts bewegt, verzögert sich scheinbar diese Rotation noch um weitere zwei Tage (vergl. die nebenstehende Figur). Der Sonnenfleck a wird von der Erde T in der Mitte der Sonne erblickt: Erscheint er wieder in a, so ist eine Umdrehung der Sonne um ihre Achse vollendet. Inzwischen hat sich aber T auch bewegt und steht jetzt am Orte T', so daß a, um wieder in der Mitte der Sonne zu erscheinen, noch den Bogen aa' durchlaufen muß; die wahre Umdrehung ist also $1/13$ kleiner als die scheinbare für die Bewohner der bewegten Erde. Die anscheinend gekrümmten Bahnen der Sonnenflecken bei der Rotation haben zur Ermittelung der Thatsache geführt, daß auch die Sonne mit ihrer Achse, ähnlich wie die Erde, nicht genau senkrecht auf der Fläche der Erdbahn steht, doch beträgt die Schiefe ihrer Achse nur $7\frac{1}{4}$ Grad

wenn sie selbst Flecken in der Sonne wies und damit der Welt ein lieb gewordenes Gleichnis nahm.

Man hatte — das war das Bedeutsame — zum erstenmal in diesen Flecken etwas **auf der Sonne selbst** vor Augen, — nicht die verdunkelnde Mondscheibe der Sonnenfinsternis, nicht den schnell dahinrinnenden schwarzen Tropfen eines vor der Sonne übergehenden inneren Planeten (Merkur, Venus): diesmal geriet man auf ein **eigenstes** Geheimnis der strahlenden Königin.



Ein Sonnenfleck,
gezeichnet am 16. Juli 1868 von Secchi.
Man erblickt in der Mitte den dunklen Kernfleck, ringsum den sogenannten Halbschatten (Penumbra).

Aber um was handelte es sich? Der große Galilei meinte, die Flecke seien dunkle Wolken, die über der leuchtenden Sonnenfläche sich bildeten wie Gewitternacht über unserer Erde. Andere rieten auf die Eruption riesiger Sonnenvulkane. Um 1671 aber erklärte Dominicus **Cassini** die Flecke für die dunklen Gipfel eines inneren, lichtlosen Sonnenkörpers, über dem eine hellleuchtende Atmosphäre lagere; zerriß bei stürmischen Wallungen auf einen Moment der Lichtschleier, so ragte gespenstisch aus der Tiefe das schwarze Felsenhorn. Eine alte, schon im fünfzehnten Jahrhundert gelegentlich ausgesprochene Ansicht war damit in den Vordergrund gerückt: daß nämlich **das Licht und die Wärme der Sonne lediglich an ihrer Außenhülle hafteten**, während

der eigentliche feste Kernkörper dunkel und kalt gedacht werden könne gleich unserm Erdenball. Und diese allgemeine Theorie selbst erhielt nur eine neue Stütze, als hundert Jahre später der große Sonnenfleck vom November 1769 dem Astronomen Alexander Wilson zu Glasgow eine Überzeugung aufdrängte, die jener engeren Auffassung von frei werdenden „Berggipfeln“ des Sonnenkerns den Garaus machte. Man hatte bemerkt, daß jeder Fleck eigentlich aus zwei Teilen bestehe: einer dunklen Mitte, dem „Kernfleck“, und einem umgebenden etwas helleren, scheinbar zackig in den ganz dunklen Mittelraum einsinkenden Halbschatten (Penumbra). (Vergl. das Bild auf S. 391.) Wilson beobachtete nun, daß bei regelmäßigem, durch die Umdrehung der Sonne um ihre Achse bewirktem Vorrücken eines und desselben Flecks gegen den Rand der Sonnenkugel hin der Halbschatten auf der diesem Rande zugekehrten Seite sehr deutlich wurde, der andere auf der zum Mittelpunkt gewendeten sich aber immer unsichtbarer machte; kam der Fleck nach erfolgter Umdrehung am entgegengesetzten Rande wieder zum Vorschein, so wiederholte sich das umgekehrte Spiel, und nur genau in der Mitte der Scheibe waren beide Halbschattenseiten gleich deutlich entwickelt. Die einfache Lösung schien, daß der Fleck eine Vertiefung in der Sonnenhülle darstelle, einen Trichter, dessen Ränder sich bei der Rotation perspektivisch verschoben. Die ganz schwarze Stelle im Grunde des Trichters, der Kern, mußte, wenn auch nicht mehr als dunkler Berggipfel, so doch als Stückchen der wirklichen, dunklen Sonnenoberfläche auch hier aufgefaßt werden, und Wilhelm Herschel gründete darauf denn nun 1795 bis 1801 seine berühmte erste wissenschaftliche Sonnen-Theorie, die ein halbes Jahrhundert lang die besten Köpfe beherrschen sollte, obwohl sie unbedingt falsch war.

Der innere Teil der Sonne, der eigentliche Kernkörper, ist auch nach Herschel kühl, leuchtet nicht und läßt sich ebensogut bewohnen wie unsere Erde. Diesen Kern umschließen aber zwei dichte Wolkenhüllen. Zu unterst eine ebenfalls nicht leuchtende, die aber im stande ist, auffallendes Licht zu reflektieren. Zu oberst als sogenannte „Photosphäre“ die eigentliche Glutschicht, eine Art „perpetuierlichen Nordlichts“ von enormer Hitze und Leuchtkraft. Die untere Hülle, die etwa 70—80 Meilen über dem festen Innern schwebt schützt den Kern vor der Glut der oberen. Bisweilen verschieben sich aber die Wolkenmassen, beide Schichten zerreißen, und der Beschauer von der Erde aus sieht zunächst (im Halbschatten) die noch etwas vorspringenden Rißränder der bloß matt von den Seiten erhellten dunklen Hülle, dann ganz im Centrum (im Kern) die völlig finstere Oberfläche des bewohnbaren Sonnenballs. Es war eine Idee, die viel erklärte und ungemein einfach klang. Nachdem in der Folge auch noch der gewaltige Physiker Arago die Autorität seines Namens für sie in die Wagschale geworfen (er vervollständigte sie bloß durch den Nachweis, daß über der äußeren Lichthülle,

der Photosphäre, noch eine die Protuberanzen erzeugende Wolkenschicht liegen und beide aus Gasen bestehen müßten) schien man bei einer unantastbaren Wahrheit angekommen zu sein. Das Zeitalter Humboldts, dessen Fazit der „Kosmos“ zieht, zweifelte nicht mehr. Und doch enthielt die Herschel-Arago'sche Theorie eine wahrhafte physikalische Ungeheuerlichkeit. Was sollte das für ein Stoff sein, der die innere, schützende Hülle zusammensetzte und trotz der nahen Glut ohnegleichen nicht selbst in äußerste Hitze geriet? Drang aber im Laufe der Zeiten auch nur ein weniges an Wärme durch, so mußte es sich, da jede Ausstrahlung unmöglich gemacht war, notwendig im Innern auf dem Kern rasch summieren. Durch jeden neuen Fleckentrichter stürzte nun die Glut sogar direkt herab, und es war schlechterdings unmöglich, daß nicht auch der Kern schließlich eine äußerst hohe Temperatur angenommen haben sollte.

Zur rechten Zeit setzte auch hier die Spektralanalyse ein, der wir jetzt schon so oft bei ihren heilsamen Aufräumungsarbeiten begegnet sind. Das Sonnenspektrum belehrte 1859 Kirchhoff und Bunsen, daß jedenfalls von einer unteren Masse das eigentliche Licht mit seinem kontinuierlichen Spektrum ausging, während eine äußere Gashülle in diesem Spektrum eine Anzahl Strahlen absorbierte und so ihrerseits dunkle Streifen — die Fraunhofer'schen Linien — hervorrief. Kirchhoff erklärte konsequenterweise die eigentliche Masse des Sonnenballs für einen Körper, der, sei er nun fest oder tropfbar flüssig, jedenfalls sich im höchsten Stadium der Weißglut befinden müsse. Damit war der erste Schritt zu einer ersprießlichen, der Wahrheit nahen Hypothese gethan. Es fragte sich nur, was die Sonnenflecke bei dieser Lage der Dinge sein sollten.

Inzwischen hatte sich indessen das Material an merkwürdigen Phänomenen der Sonnenoberfläche weit über die Fundamentalthatsache dieser Flecke hinaus vergrößert, und ein ganzer Kreis rätselhafter Punkte harrte mit jenen zugleich der Erklärung aus der neuen Auffassung heraus.

Je länger man die Sonnenflecke beobachtete, desto seltsamer wurden sie. Sie entstanden nicht unregelmäßig auf der ganzen Strahlenfläche, sondern beschränkten sich auf eine bestimmte Zone zu beiden Seiten des Äquators. Schwabe in Dessau stellte nach fünfundzwanzigjähriger, an jedem hellen Tage unermüdlich geförderter Arbeit (von 1826 bis 1851) fest, daß im Laufe einer gewissen Reihe von Jahren die Flecke eine regelmäßige Zu- und Abnahme zeigten. Diese geheimnisvolle Periode wurde in der Folge auf $11^{1}/_{9}$ Jahre angesetzt, ihre kleinen Abweichungen regeln sich wahrscheinlich wieder nach einer zweiten Periode von vielen Jahrzehnten. Dabei übertraf die Größe einzelner dieser Flecke alles je Erwartete. 1858, kurz vor Humboldts Tod, breitete sich ein Fleck über den sechsunddreißigsten Teil der Sonnenscheibe aus, was eine Größe von achtzehn Erddurchmessern giebt. Wiederholt sind Flecke dem geschützten, aber nicht bewaffneten bloßen Auge sichtbar

geworden: um das zu ermöglichen, ist stets eine Größe von mindestens 3 bis $3^{1}/_{2}$ Erddurchmessern nötig! (Vergl. das Bild auf S. 343.)

Aber auch abgesehen von den Flecken enthüllte die „blanke" Sonnenoberfläche sich immer mehr als höchst kompliziertes Feld für das Detailstudium. Eigentümliche glänzende Körnchen, in etwas dunklerem Untergrunde wirr eingebettet und untermischt mit länglichen, strohhalmartigen Fasern (vergl. das Bild auf S. 388) gaben ihr ein Ansehen wie rauhes Zeichenpapier oder geronnene Milch. Gegen den Rand besonders des Feuerkolosses, da, wo das Licht jäh abnimmt, zeichneten sich größere Gebilde wie eine Art heller Sonnenflecke dazwischen aus: die sogenannten Fackeln. „Ihr Anblick,' sagt Young mit sehr glücklichem Bilde, „erinnert an Schaumflocken, die unterhalb eines Wasserfalles auf der Oberfläche eines Flusses schwimmen." Ihre Länge stieg bis auf 4000 Meilen, — sie bedeckten dann also sehr viel mehr Sonnenland, als irgend ein Kontinent auf der Erde. Und diese Fackeln wogten, schwanden, veränderten ihren Ort mit Hunderten von Meilen Geschwindigkeit in der Stunde, daß dem Beobachter schwindelte vor dem Sturm in diesem glühenden Himmelsofen, dessen „mildes Antlitz" Jahrtausende gelobt. Märchenhafter jedoch als alles offenbarte sich die Wunderwelt, die hier noch zu erobern sein sollte, gerade da, wo man es am wenigsten erwartet hatte. Ein Schrecken der Völker war seit alter Zeit die Sonnenfinsternis gewesen. Sagen und religiöse Mythen aller Art hatten in ihrem Zauber geschwelgt: vom nackten Wilden des Urwaldes, der durch Trommeln und Pfeifen das böse Tier, das die Sonne fressen will, fortzuscheuchen versucht, bis zu dem welterschütternden Menschheitsgedicht vom sterbenden Heiland, da es heißt: „Und die Sonne verlor ihren Schein . . ." Langsam hatte die Wissenschaft dann ihre friedliche Erklärung durch den vorüberziehenden dunklen Mond an Stelle des gespenstischen Wunders gesetzt. Sie hatte mit der allergrößten Genauigkeit das Eintreffen einer solchen Sonnenfinsternis vorausberechnen gelehrt und so grade das „Wunder" zum wahrhaftigen Typus des Berechenbaren, Gesetzmäßigen gemacht, vor dem selbst den Laien ein Hauch jenes großen Friedens streifte, den der Wissenschaft ihr Vertrauen auf das unerschütterliche Walten der Naturgesetze giebt. Aber wenn auch die rein mechanische, in den Bewegungsverhältnissen und Bahnebenen der die Sonne umkreisenden Erde und des die Erde umkreisenden Mondes, der gelegentlich verfinsternd zwischen Sonne und Erde gerät, begründete Ursache der Sonnenfinsternis schließlich jedes Rätselnimbus bar wurde, so schien die Sonne selbst erst recht bestimmt, den Astronomen durch unerwartete Begleiterscheinungen bei dieser Gelegenheit Kopfzerbrechen zu verursachen. Zweierlei Phänomene zeigten sich bei den totalen Finsternissen, d. h. wenn die Sonnenscheibe völlig hinter dem dunklen Monde verschwand. Das eine war so handgreiflich deutlich, daß man es schon im Altertum

erkannt hatte, — natürlich ohne daß man etwas Rechtes damit anzufangen wußte.

Auch dem einfachsten Menschen, der vielleicht nie nach Sonnen-



Entstehung der Sonnen- und Mondfinsternis.

Die große Kugel in der Mitte ist die Erde, die kleine der Mond in vier verschiedenen Stellungen. Oben tritt er zwischen Sonne und Erde, und es entsteht für einen kleinen Teil der Erdoberfläche eine Sonnenfinsternis. Unten gerät der Mond in den Schatten der Erde, und es entsteht eine Mondfinsternis.

finsternissen gefragt oder sie aus zufälligen schwarzen Wolken naiv erklärt hat, schwebt die Sonne vor in mancherlei Bildern: als das unnahbare, blendend weiße Strahlenauge des Sommertags, das der kleine Schulknabe so gut wie der Naturmensch unabänderlich als Kreis mit einem Dutzend grader Linien, die nach allen Seiten ausstrahlen, auf die Schiefertafel zeichnet, — als bläulich bleiche, aber scharfe und im Verhältnis merkwürdig kleine Scheibe hinter treibendem Nebelgewölk, — als große karmoisinrote Kugel endlich, die sich um Morgengrauen vom Horizont heraufschiebt oder am Abend in feenhafter Farbenpracht versinkt. Seltsam und völlig fremd aber muß ihn ein Bild bewegen, wie etwa das auf Seite 399 dargestellte. Der Theorie nach verschwindet bei der „totalen" Finsternis die Sonne ganz hinter dem Monde: es müßte Nacht eintreten, und die Sterne sollten aufblitzen. In der Praxis aber äußern sich vielfach die seltsamsten Ausnahmen. „Bei Gelegenheit der Sonnenfinsternis vom 8. Juli 1842 bemerkte man zu Grätz,*) nachdem die Bedeckung sechszöllig war, kaum eine Verringerung des Tageslichtes; als aber die Sonnenscheibe zu drei Viertel bedeckt wurde, war die in der Atmosphäre eintretende Unruhe unverkennbar. Die bis dahin windstille Luft machte einem bemerkbaren und kühlen Winde Platz, welcher sich von Westsüdwest her bewegte. Aus den umliegenden Thälern stieg schnell ein weißgrauer Nebel empor, jedoch konnte man noch nicht von einer eigentlichen Dämmerung sprechen, bis an der Sonne nur mehr eine schmale Sichel wahrzunehmen war. Um diese Zeit ereignete sich ein schneller Übergang von der Helle zur Dunkelheit. Die Gesichter der zahlreich versammelten Zuschauer erschienen in fahler Farbe, die Berge im Westsüdwest mit dem sich schnell verdickenden Nebel waren in tiefes Schwarz gehüllt, wie es durch Gewitterwolken nie hervorgebracht wird, doch konnte man noch Gedrucktes lesen. In den Wolken bemerkte man den Weg des



Ein Sonnenfleck nahe am Sonnenrande,
der von sogenannten Fackeln (hellen, streifenartigen Gebilden der Sonnenoberfläche) umgeben ist. Beobachtet von Angelo Secchi 14. März 1863.

*) Hermann J. Klein, Handbuch der allgemeinen Himmelsbeschreibung. Band I Das Sonnensystem. S. 28 ff.

mit überraschender Schnelligkeit herbeirückenden Mondes. Am östlichen Horizonte, bis zu einer Höhe von 20 Grad, zeigte sich eine feurige, dunkle Röte mit einer darüber lagernden gelben Farbe, wie sie selbst bei der Morgen- und Abendröte selten erscheint. Als der erste Sonnenstrahl wieder hervortrat, zog sich dieser Saum langsam nach Südost, Süd- und Nordwest zurück und ging allmählich in Weiß über. In Perpignan bemerkte man während derselben Finsternis, daß sich am Horizonte über dem Meere ein breiter, orangeroter Streifen befand. In Narbonne machte sich eine bleigraue und blasse Färbung bemerklich, ein olivenfarbiger, grauer Schein, der über die Natur gleichsam einen Trauerschleier warf. In Digne erschienen die Gesichter der Personen bleich und gleichsam grünlich, einigermaßen ähnlich der eigentümlichen Färbung, welche sie bei Beleuchtung durch eine mit Kochsalz getränkte Weingeistflamme annehmen. In Lode sah man nach Norden und Süden hin, etwa 15 bis 20 Grad hoch, einen kupferfarbenen Gürtel, während höher hinauf der Himmel ohne Abstufung in eine dunkelviolette Azurfarbe überging. Diese letztere wurde von den Wassern des Po und Leccosees reflektiert und erteilte ihnen ein bleifarbiges Ansehen, welches Schrecken einflößte. Bei der totalen Sonnenfinsternis vom 18. Juli 1860, welche von einer großen Anzahl Astronomen in Spanien beobachtet wurde, erhielt das Tageslicht erst einen rötlichen, dann blaßgelben Schimmer. Über dem Horizonte erschien der Himmel bleifarben, in größeren Höhen schwarzblau. Als die totale Finsternis vollständig eingetreten war, erleuchtete ein ungewohntes Licht mit schwachem Scheine die aller direkten Sonnenstrahlen beraubte Gegend; man wußte nicht, woher es kam, und nirgends gewahrte man, daß es nur den allergeringsten Schatten warf. Die am 31. Dezember 1861 eingetretene totale Verfinsterung beobachtete Schmidt auf dem Berge Polyphengos im nördlichen Peloponnes. Am Tage der Finsternis selbst wurde es vollkommen trübe, und die Sonne kam nicht zum Vorschein. Undurchdringliches Gewölk überzog den Himmel zur Zeit der Bedeckung, nur im fernen Südosten streifte Sonnenlicht durch die Ebene von Argos. Dort blieb der Sonnenschein in drei langen, feuerfarbigen Reihen, immer mehr erblassend, wie die Finsternis zunahm. Um 4½ Uhr kam ein Windstoß aus Südwest, 20 Minuten später herrschte schaurige, graubraune Finsternis, in welcher sich Bleistiftschrift schwierig lesen ließ. Um 4 Uhr 55 Minuten ward es rasch heller, und sogleich fiel Regen und Hagel herab. Die Dämmerung aber blieb hell genug, um ohne Laterne an den Felsen in das Argos-Thal hinabzusteigen. Die totale Sonnenfinsternis vom 25. April 1865 wurde in der Stadt Conception (Chile) von Capelletti beobachtet. Die Dunkelheit war, vielleicht infolge des Nebels, etwa so stark als eine Stunde nach Sonnenuntergang. Alle Gegenstände nahmen eine grüne Färbung an, welche Schrecken erregte. Ein regenbogenartiger Bogen erschien in 30 Grad Entfernung von der

Sonne und verschwand, als die Finsternis aufhörte, total zu sein. Die Einwohner der Stadt bemerkten deutlich den Lauf des Mondschattens durch den Nebel, ein Phänomen, das ihnen Entsetzen erregte. De Prados, der dieselbe Finsternis in Rio de Janeiro beobachtete, sagt, daß die Luft eine in Violett übergehende Bleifarbe zeigte und das Meer geschmolzenem Blei glich. Bei der totalen Finsternis vom 18. August 1868 war die Dunkelheit nicht sehr groß. Zu Whatonne sahen die französischen Astronomen nur



Sonnenfinsternis am 17. Juni 1890,
photographisch aufgenommen von der Lechner'schen Anstalt in Wien.

5 Sterne, und der Schatten der Hütte, in der sie beobachteten, war fortwährend sichtbar. Von der Höhe eines benachbarten Berges erblickte Pierre um die Zeit der Totalität elfmal parallele Streifen, die senkrecht zum Horizont über Meer und Himmel sich verbreiteten und nach und nach von gewöhnlichem Rot in Purpurviolett übergingen."

Die Lösung all dieser Farbenwunder, die auf eine geheimnisvolle, grade während der Sonnenfinsternis in Wirkung tretende Lichtquelle zu deuten scheinen, ergiebt sich aus dem genaueren Studium der verfinsterten Scheibe selbst. Da zeigt sich, daß der Mond zwar den eigentlichen Sonnenkörper verdeckt, daß er aber grade dadurch zu einem Blendschirm wird, der die für gewöhnlich im Lichtmeer verschlungenen Herrlichkeiten der äußersten Umhüllungen dieses Sonnenballs momentweise zur Ent-

wickelung kommen läßt. Rings um den Mondrand hebt sich eine wunderbare, unregelmäßig ausgezackte Krone perlglänzenden weißen Lichtes heraus, — die sogenannte „**Corona**“. Die Corona gehört zu den prachtvollsten Erscheinungen des gesamten Kosmos, unvergeßlich prägt sie sich jedem ein, der das Glück gehabt, sie zu schauen. Es ist ein seltenes Glück. Eine



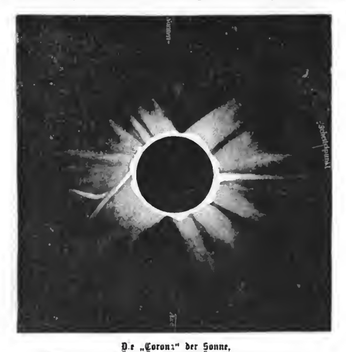
Die sogenannte „Corona“ der Sonne.

von **Tempel** bei der **totalen Sonnenfinsternis** von 1860 gezeichnet.

Die Corona, wahrscheinlich der äußerste Teil der leuchtenden Sonnenatmosphäre selbst, wird für unsere irdische Beobachtung nur sichtbar, wenn der Mond bei einer totalen Sonnenfinsternis die eigentliche glänzende Sonnenmasse verdunkelt. Nahe dem Sonnenrande ist die weiße Corona am hellsten, und man gewahrt darin einzelne rote Wolken und Hörner, die aus einer tieferen Schicht aufsteigen und aus verschiedenen Metalldämpfen, besonders aber aus glühendem Wasserstoff bestehen — die sogenannten Protuberanzen.

totale Sonnenfinsternis tritt im Mittel etwa alle zwei Jahre ein. Der Mondschatten bewegt sich dabei auf der Erdoberfläche ungefähr drei Stunden lang, auf die **totale** Verfinsterung fallen meist bloß zwei bis drei, höchstens sechs Minuten. Das giebt für die Corona durchschnittlich **acht Tage** Beobachtungszeit auf ein **ganzes Jahrhundert**, und davon kommen auf den **einen** Beobachter nur jene paar Augenblicke, noch dazu auf einem ganz engen Streifen Erde, den er eventuell erst auf langwieriger Reise hat auf-

suchen müssen. Selbst bei günstigster Lage vereitelt die geringste Ungunst der Witterung nur zu oft jede Möglichkeit, — wie denn wohl so mancher Leser dieser Zeilen noch der enttäuschten Erwartung gedenken mag, die in der Frühdämmerung des 19. August 1887 eine tausendköpfige Menge auf dem Tempelhofer Felde bei Berlin versammelt hielt, ohne daß doch der Wolkenschleier sich lösen wollte. Die wenigsten der dort Harrenden mochten



Die „Corona" der Sonne,
gezeichnet von Tupman bei Gelegenheit der Sonnenfinsternis von 1871.

allerdings eine klare Vorstellung davon haben, um welch großes Ereignis es sich handelte: das Aufleuchten jener Corona, für das ein Säkulum nur acht Tage gewährt!

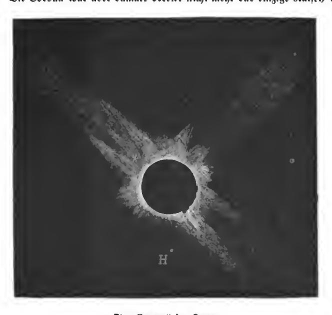
Die wahre Gestalt der Corona in scharfem Bilde wiederzugeben, ist ein Kunststück. Größe, Form, Helligkeit — alles schwankt aufs äußerste in den Einzelangaben. Beobachter am gleichen Fleck haben gelegentlich sehr verschiedene Zeichnungen entworfen, und erst die photographischen Aufnahmen haben in neuester Zeit etwas Sicherheit gegeben. „Fast stets," sagt Kempf, „findet sich in der Corona ein mehr oder weniger ausgesprochener Spalt, welcher ungefähr, aber fast niemals genau der

Rotationsaxe der Sonne entspricht. Meist ist diese Spalte an beiden Polen vorhanden und ist mit kürzeren, vorwiegend radialstehenden Strahlen ausgefüllt. An den Seiten dieser Polarspalten, über den Zonen der größten Sonnenfleckenthätigkeit, treten gewöhnlich gekrümmte Strahlen auf, durch welche vornehmlich das eigentümlich kreuzförmige Aussehen der Corona hervorgerufen wird, welches so vielen Darstellungen charakteristisch ist. Ferner scheint ein Zusammenhang zwischen der Sonnenthätigkeit, wie sie sich in der Häufigkeit der Flecken ausspricht, und der Gestalt der Corona zu bestehen. Zur Zeit des Sonnenfleckenminimums pflegen die Polarspalten viel weiter geöffnet zu sein, und es treten in der Äquatorgegend besonders langgestreckte Strahlen auf; bei einem Fleckenmaximum dagegen erscheint die Figur der Corona mit ziemlich symmetrischen Umrissen. Jedoch gilt auch diese Regel keineswegs ausnahmslos. Eine Bewegung oder Veränderung einzelner Strahlen, wie sie manche Beobachter bemerkt haben wollen, ließ sich an der Hand der Photographien nicht nachweisen." Die Figuren auf S. 399, 400, 402 werden an ein paar besonders charakteristischen Proben ein gutes Bild geben, wie sehr verschieden einzelnen kompetenten Fachleuten bei verschiedenen Gelegenheiten die Corona erschienen ist, — mit allen Sorten seltsamer Auswüchse und Lichtschweife bis zu den völlig kometenartigen Gebilden auf S. 402. Es bleibt dabei, wie schon erwähnt ist, offen, inwiefern Verzerrungen durch irdische, atmosphärische Bedingungen bei einzelnen Aufnahmen mitgewirkt oder die Erregungen des Moments den Zeichner zu Übertreibungen veranlaßt haben. Die auf S. 399 nach Tempel wiedergegebene Gestalt der Corona bei der Finsternis von 1860 ist beispielsweise von Secchi, der nur wenige Meilen von Tempel entfernt seine Aufnahmen machte, sehr wesentlich anders gezeichnet worden.

Schon zu Keplers Zeiten begann man sich darüber zu streiten, ob die Corona wirklich zur verfinsterten Sonne oder etwa zu dem vorbeiziehenden Monde gehöre. Maraldi trat in Newtons Tagen für die Theorie ein, daß die Corona nichts sei als thatsächlich die plötzlich sichtbar werdende Atmosphäre der Sonne selbst. Die Mehrzahl der Astronomen des vorigen Jahrhunderts entschied umgekehrt, daß es die nur zufällig bei dieser Gelegenheit hell beleuchtete Lufthülle des Mondes sei. Mit jedem weiteren Jahrzehnt emsiger Mondforschung wurde das letztere indessen unwahrscheinlicher: eine so gewaltige Mondatmosphäre hätte sich auch ohne Sonnenfinsternis bemerkbar machen müssen, — die Nachforschungen führten aber gradezu vor das Resultat, daß der Mond überhaupt keine irgend erkennbare Lufthülle mehr besitze, geschweige denn eine so auffällige. So begann man eine Zeit lang sich sehr ernst mit der Frage zu beschäftigen, ob das ganze Corona-Feuerwerk nicht bloß eine optische Erscheinung sei, ähnlich den sogenannten Nebensonnen und Nebenmonden, die den Beobachter äffen, ohne mit Mond wie Sonne selbst das Geringste zu thun

zu haben. (Vergl. das nebenstehende Bild.) Seinen kosmischen Reiz hätte das Phänomen, wenn man damit auf dem richtigen Wege war, eingebüßt. Als dann die Spektralanalyse kam, war die Erwartung eine allgemeine, daß die endgiltige Lösung auch hier in ihrer Hand liege. Es handelte sich nur um einen ersten entscheidenden Blick ins Spektroskop vor einer günstigen Totalverfinsterung.

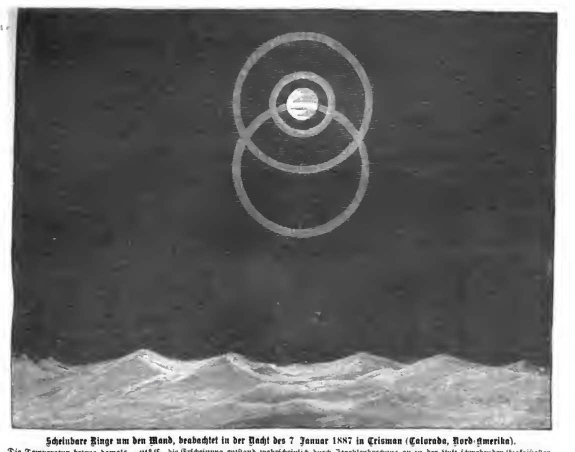
Die Corona war aber damals bereits nicht mehr das einzige Rätsel, das



Die „Corona“ der Sonne,
aus verschiedenen Zeichnungen kombiniert, die bei Gelegenheit der Sonnenfinsternis von 1878 aufgenommen wurden. (Nach Young)

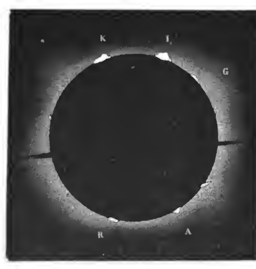
die Finsternisse vor dieses Tribunal trieben. Seit über einem Jahrhundert war man einem zweiten Phänomen auf der Spur, das nicht ganz so leicht, aber doch auch auffällig genug am Rande der verdunkelten Sonnenscheibe sein Wesen hatte. Es handelte sich um die sogenannten **Protuberanzen**.

Protuberanzen heißt so viel wie „Hervorragungen“. Der Leser betrachte die Figur auf S. 404. Er gewahrt an mehreren Stellen zwischen dem Lichtkranz der Corona helle Spitzen. Auf dem Coronabilde S. 399 sind sie dunkel wiedergegeben. In Wirklichkeit erscheinen sie lebhaft rot und glänzender noch als die weiße Corona. (Man vergleiche auch die Farbentafel „Sonnen-Protuberanzen“.) Die Entdeckungsgeschichte



Scheinbare Ringe um den Mond, beobachtet in der Nacht des 7 Januar 1887 in Crisman (Colorado, Nord-Amerika).
Die Temperatur betrug damals —24° C., die Erscheinung entstand wahrscheinlich durch Strahlenbrechung an in der Luft schwebenden Eiskrystallen.

dieser Gebilde (wieder nach Kleins „Handbuch der Himmelsbeschreibung“ mitgeteilt) wird mit ihrem interessanten Detail dieses erste orientierende Bild genügend vervollständigen. „Die erste Wahrnehmung der Protuberanzen gehört Stannyan aus Bern an, der am 12. Mai 1706, vor dem Wiedererscheinen der verfinsterten Sonne, am linken Rande derselben, einen blutroten Saum bemerkte. Genauer beschrieb die Erscheinung Birger Vassenius in Gotenburg, der in seinem Berichte über die Finsternis von 1733 drei oder vier rötliche, außerhalb der Peripherie des Mondes sichtbare Flecke anführt, von denen einer eine wolkenartige Gestalt besaß. Bei Gelegenheit der Finsternis von 1806 sah Ferrer kurz vor Beendigung der totalen Bedeckung um den Mond eine Schicht, die das Aussehen von der Sonne beschienener Wolken besaß. Van Swinden bemerkte am 7. September 1820, als der Mondrand noch etwas über den Sonnenrand hervorragte, einen rötlich gefärbten Bogen, der mit der Flammenspitze einer Argand'schen Lampe verglichen werden konnte. Die wichtigsten Wahrnehmungen dieser ganzen Erscheinung datieren jedoch erst seit dem Jahre 1842. Arago, der zu Perpignan beobachtete, sah zwei starke, rosenrote, flammenartige Hervorragungen, die den Eindruck von überhängenden Bergen machten, welche jeden Augenblick umzustürzen drohen. Die Winkelausdehnung betrug etwa eine Bogenminute, die wahre Erhebung also ungefähr 6000 Meilen. Mauvais, der ebenfalls zu Perpignan beobachtete, sagt: „Als ich einige Sekunden nach Beginn der totalen Verfinsterung die Breite der leuchtenden Corona zu messen suchte, sah ich am unteren Rande des Mondes einen rötlichen Punkt auftreten; 56 Sekunden nach dem Verschwinden der Sonne ging dieser Punkt in zwei violettrote, scharf begrenzte,



Hervortreten von Protuberanzen,
(*K, J, G, R, A*), roten Auswüchsen am Rande der Sonnenscheibe bei einer totalen Sonnenfinsternis. Nach einer photographischen Aufnahme durch Angelo Secchi von 1860.

bergartige Hervorragungen über. Ich kann keine genauere Beschreibung von ihrem Anblicke geben, als wenn ich die von der untergehenden Sonne beschienenen, aus großer Ferne gesehenen Alpenspitzen damit vergleiche. 70 Sekunden nach Beginn der totalen Verfinsterung sah man einen dritten Berg links von den beiden ersteren, und diese erreichten schließlich eine Höhe von vielleicht zwei Bogenminuten.“ In Montpellier wurden die drei feurigen Protuberanzen ebenfalls gesehen, und Petit bestimmte durch Messung die Winkelausdehnung der höchsten zu 1′ 45″. Einige Augenblicke vor dem Wiedererscheinen der Sonne sah derselbe Astronom in der Nähe desjenigen Punktes am Mondrande, wo der Austritt erfolgen sollte, eine neue Flamme sich erheben, doch war dieselbe weiß. Der gemessenen Winkelausdehnung zufolge besaß die genannte größte Protuberanz eine wahre Höhe von 10000 geographischen Meilen. Airy, der in La Superga bei Turin beobachtete, sah ebenfalls die Protuberanzen. „Während ich,“ sagt dieser Astronom, „den Mond nach dem totalen Verschwinden der Sonne untersuchte, gewahrte ich zu meiner sehr großen Überraschung drei kleine rote Flammen; ihre Höhe überstieg kaum eine Bogenminute. Sie erschienen am wahren oberen Mondrande, und die beiden äußersten standen etwa 40 Grad auf dem Umfange der Mondscheibe auseinander.“ Professor Casari in Vicenza bemerkte, wie er berichtet, bei den größeren Protuberanzen rote Rauchsäulen, welche sich in ihrer aufsteigenden Bewegung kreuzten und eine heftige Agitation zu erfahren schienen. Schumacher in Wien sah die nämlichen Protuberanzen, welche die Beobachter in Frankreich wahrnahmen, und vergleicht sie mit den Gipfeln von Gletschern; ihre Winkelausdehnung schätzte er auf 1—2 Minuten. Kurz vor dem Ende der totalen Verfinsterung erhob sich an dem Teile des Mondrandes, wo der erste Sonnenstrahl aufblitzen mußte, eine schmale rosenrote Schicht, die etwa 70—80 Grad auf dem Mondrande einnahm und samt den roten Bergen im Augenblicke des ersten Sonnenstrahls erlosch. Struve und Schidloffsky sahen ebenfalls die Protuberanzen und schätzten ihre Höhe zu 2′; sie erschienen unbeweglich wie Berge, während der größere Teil des Mondrandes von einem rosenroten Saume umgeben war. Bei der Sonnenfinsternis am 8. Juli 1851 erschien auf der Westseite des Mondrandes eine hakenförmig, wie eine Klammer gebogene Protuberanz. In der Verlängerung des Hakens aber sah man freischwebend eine geballte Masse von fast kreisrunder Gestalt, die noch 7,5 Sekunden nach dem Hervortreten der Sonne sichtbar war. Galle glaubte wahrzunehmen, daß jene Wolke durch drei oder noch mehr seine Fasern mit der hakenförmigen Protuberanz verbunden sei. Dawes erblickte die nämliche Protuberanz in Rävelsberg von karminroter Farbe, und er konnte sie noch wahrnehmen, als die Sonne bereits 5 Sekunden wieder sichtbar war. Lassel, der zu Trollhütte beobachtete, bemerkt, daß jene Protuberanz wenige Grade von der Stelle entfernt lag, wo er kurz vor der Finsternis eine Gruppe

von Flecken wahrgenommen hatte. Williams, an derselben Beobachtungsstation, unterschied deutlich das scheinbare Wachsen der roten Erhöhung in dem Maße, als der Mond nach Osten rückte. Swan behauptet, daß der Ort derselben genau mit demjenigen einer Fleckengruppe übereinstimmte, die er gleich nach Beendigung der Finsternis in der Nähe des Sonnenrandes bemerkte. Nach den Messungen von Otto Struve, der zu Lompa beobachtete, betrug der Abstand des gekrümmten Teiles der Protuberanz vom Mondrande 79″; im Verlaufe von 53 Zeitsekunden war er auf 115″ gestiegen. Während dieser Zeit waren die Protuberanzen am anderen Rande verschwunden oder doch auf unbedeutende Spuren reduziert, indem der voranschreitende Mond sie bedeckte. J. J. Schmidt, der diese Finsternis zu Rastenburg beobachtete, sah 7 bis 10 Sekunden, nachdem der letzte Sonnenstrahl verschwunden war, die erste Protuberanz aus einem weißlichen Fleck an der Basis der Corona hervortreten. Neben mehreren anderen tauchte 1/4 Minute nach Beginn der Totalität gleich einem glühenden Funken die große hakenförmige, bereits oben mehrfach angeführte Protuberanz auf. „Ich hatte," sagt Schmidt, „Zeit genug, ihre Gestalt und verschiedenartige Färbung aufs genaueste aufzufassen und entwarf im Dämmerlichte der Corona die ersten flüchtigen Umrisse, um späterhin aus der Erinnerung das Detail nachzutragen. Bei einer Breite von 20″ bis 30″ stieg sie anfangs normal aus dem Mondrande auf, ihr ursprünglich gerader, an den Rändern vielfach unebener Stamm zeigte oben eine starke, gegen Süden gerichtete Seitenkrümmung, an welcher sich, nicht völlig getrennt, ein intensiv leuchtender, fast durchsichtig karminroter Ballen von runder Gestalt anschloß, dessen größte Verdichtung in der Mitte lag und dessen Ränder von diffusem, hellrötlichem Lichte umgeben waren. Mit der größten Bestimmtheit gewahrte ich in dieser Masse einen rundlichen Kern, fast metallisch glänzend wie Rotgold und mit eigentümlichen, lilafarbigen, sphärischen Reflexionslichtern gezeichnet, wie man solche bei gewissen Stellungen des Auges auf der Oberfläche von Glasflaschen und Kugeln oder auf der polierten Oberfläche einer Metallkugel wahrnimmt. Der Hauptteil dieser Protuberanz, der eigentliche Stamm, war ebenfalls stark rosenrot mit sehr zarten Nuancierungen sehr dunkeln Karminrots, dabei von ätherischer Klarheit und fast durchsichtig und an seinem nördlichen Rande im allgemeinen besser begrenzt als an seinem südlichen. An diesem (südlichen) Rande war die Gestalt lichtschwächer, heller rot und mehrfach mit sehr kurzen, hellroten Ansätzen versehen, die teilweise von ihr getrennt zu sein schienen. Nicht weniger merkwürdig sind aber die Erscheinungen, welche südlich am oberen Ende der Protuberanz die Fortsetzung des eben beschriebenen dunkelroten Ballens bildeten. Diesem schloß sich eine hellrote, etwas breitere Lichtmasse an, welche in einer mit dem benachbarten Mondrande parallelen Richtung gegen Süden wenigstens vier bis fünf deutliche, scharf gezeichnete rote Lichtmassen

aussandte, in Gestalt von wellenförmig vom Winde bewegten Schiffswimpeln oder wie züngelnde Flammenspitzen von rosenroter Farbe. Die größeren von ihnen hingen mit dem Ballen zusammen, teilweise erschienen dazwischen noch mehrere sehr feine und schwache Wellenlinien völlig getrennt. Das Ganze hatte das Ansehen einer vom Winde stark gebogenen feurigen Rauchsäule, aus deren äußerstem Ende die Flammenspitzen hervorbrachen." Schmidt beschreibt weiter die merkwürdigen Erscheinungen gegen Ende der Totalität: „Etwa 4 Sekunden vor diesem Momente sah ich plötzlich lebhaftes rotes Licht in Gestalt zweier sehr zarter Linien sich auf dem Rande des Mondes fortbewegen, und zwar von den Fußpunkten zweier Protuberanzen aus gegen die Mitte des sie trennenden Raumes. Es war, als flösse rotglühendes Metall über den schwarzen Mondrand hin, und doch war diese scheinbar fließende Bewegung nur die Folge vom Fortrücken des Mondes. Anderthalb Sekunden vor dem Ende der Totalität vereinigten sich beide Linien in der Mitte zu einem vollständigen, höchst zarten Bogen von stark rosenrotem Lichte, der vielleicht einem kleineren Krümmungsradius als dem des Mondes angehörte. In seiner ganzen Erstreckung schien er aus einer sehr großen Menge der kleinsten Protuberanzen zu bestehen, von denen einige den Bogen etwas überragten. Nun glaubte ich im Momente der Bildung dieses Bogens das Sonnenlicht erwarten zu müssen — in demselben Augenblick trennt sich die rote Kurve vom dunkeln Mondrande, und zwischen beiden tritt eine silberweiße und höchst intensive Lichtlinie hervor, konzentrisch mit der roten, scharf von dieser, noch mehr vom Monde geschieden. Eine Sekunde lang mochte ich sie gesehen haben, zweifelnd wegen der doch zu geringen Helligkeit, ob das Ende der Totalität eingetreten sei, als plötzlich sichelförmig in gewaltigem Glanze das wahre Licht der Sonne wie ein Blitzstrahl hervorschoß und in demselben Augenblicke die ganze Reihe der wunderbaren Erscheinungen zum Verschwinden brachte."

Diese ersten Detailschilderungen aus der Zeit, da man, wie für die Corona, so auch für die Beobachtung der Protuberanzen lediglich auf die flüchtigen Momente der Sonnenfinsternis angewiesen war, geben bereits die wesentlichen Punkte alle sehr gut an, so daß für das Äußere des Phänomens nur wenig aus den Ergebnissen der letzten Jahrzehnte nachzuholen ist. Die Schicht, wenn man es so nennen soll, der Sonnenatmosphäre, der die Protuberanzen entsteigen, liegt zwischen der kometenartigen Corona und der Photosphäre, die das eigentliche Sonnenlicht ausstrahlt. Wie eine rosenrote Welle, deren unregelmäßige Kammspitzen die aufwallenden Protuberanzen darstellen, oder auch wie ein Kornfeld, dessen Ähren die Protuberanzen sind, schmiegt sie sich um den ganzen Sonnenball, gleich der Corona für gewöhnlich unsichtbar und in der allgemeinen Lichtfülle verloren, — deutlich auftauchend aber am äußersten Rande der abgeblendeten Scheibe bei der totalen Finsternis. Wegen der schönen Färbung wurde sie von Frankland

und Lockyer 1869 die „Chromosphäre" (Farbenhülle, chroma griechisch = Farbe) genannt. Ihrer Form nach lassen sich die Protuberanzen, die aus dieser Chromosphäre in den weißen Strahlenkranz der Corona heraufzucken, in zwei Gruppen sondern. Die einen sind mehr nach Art unserer Wolken gebildet. Ihre größte Ausdehnung erreichen sie in horizontaler Richtung. Tagelang schweben sie wie ein riesiger roter Nebel über demselben Fleck, an den Polen mitunter während der Dauer einer ganzen Umdrehung, — meist nach unten mit der erzeugenden Chromosphäre durch dünne Säulen oder Fäden verknüpft, oft aber auch ganz frei. Die andere Art läßt sich als eruptive Protuberanzen bezeichnen. Sturmgleich sausen sie in die Höhe, wirbeln und verändern sich im rasenden Tempo, kringeln sich zu Spiralen und verlieren sich in spitzen, verdünnten Fäden nach oben oder platzen gradezu und verpuffen wie eine Garbe roter Leuchtkugeln. Die Schnelligkeit des Steigens beträgt gelegentlich mehrere hundert Kilometer in der Sekunde, und die Höhen, bis zu denen solche Eruptionsprotuberanzen aufschnellen können, sind vollends ganz ungeheuerlich. Setzt man die mittlere Tiefe der Chromosphäre, von der die Raketen ausgehen, zu 1000 bis 1300 Meilen an (Young), so ist jede Protuberanz an sich schon eine Hervorragung von 1500 bis 2000 Meilen über die Sonnenoberfläche. Die eruptiven Protuberanzen gehen nun durchschnittlich bis auf 4000 bis 6000 Meilen, die Wolkenprotuberanzen im Mittel noch weiter. Einzelne ganz gewaltige eruptive Explosionen werfen aber rote Lichtgarben bis zu 20000, ja (von Young 7. Oktober 1880 beobachtet) 76000 Meilen in die Corona hinauf; die Grenze dieser Corona selbst schätzt man in äußersten Fällen bis auf 300000 Meilen. Im allgemeinen treten die eruptiven Protuberanzen in der Nähe der Sonnenflecke, also wie diese in der Zone zwischen 40° nördlich und südlich vom Äquator auf; die Wolkenprotuberanzen gehen aber bis zu den Polen hinauf, so daß ein absoluter Zusammenhang zwischen Protuberanz und Fleck nicht gegeben scheint. Dagegen sind Fackeln, die am Sonnenrand stehen, stets von Protuberanzen umwogt.

So hatte man denn, als das Spektroskop erfunden war und zunächst die Grundthatsache festgelegt hatte, daß die Sonne einen glühenden Kern mit kontinuierlichem Spektrum und darüber eine glühende Gashülle mit absorbierenden Gaslinien besitze, drei weitere Objekte zur Detailprüfung: die dunklen Flecken des eigentlichen Sonnenkörpers, die wie Löcher in der Photosphäre aussahen, die rote Chromosphäre mit ihren Protuberanzen und endlich die weiße Corona, vor der man sich zunächst noch stritt, ob sie überhaupt der Sonne angehöre; für die Protuberanzen hatte man die Zugehörigkeit zur Sonne schon 1851 ziemlich sicher erkannt und 1860 unzweideutig nachgewiesen, da auf photographischen Aufnahmen De la Rues sich genau vordemonstrieren ließ, wie die Protuberanzen beim Fortschreiten

des verfinsternden Mondes an der einen Sonnenkante frei wurden, während sie an der anderen hinter der Mondscheibe verschwanden.

Die Sonnenfinsternis vom 18. August 1868 mußte mit Rücksicht auf das neu erfundene Spektroskop eines der gewaltigsten und ersehntesten Ereignisse in der Geschichte menschlicher Kosmoserforschung werden. Expeditionen wurden von allen auf der Höhe der Kultur stehenden Staaten an die zur Beobachtung geeignetsten Orte gesandt, ein Wetteifer der besten Beobachter hub an. Trotz ungünstiger Witterung kam es zu einem Resultat, das die Protuberanzen-Frage zunächst so weit löste, wie sie rein spektroskopisch überhaupt zu lösen war. Die Protuberanzen waren glühende Gasmassen, und zwar leuchtete in ihnen vor allen Dingen glühender Wasserstoff. Ein zufälliger rein technischer Fund ermöglichte es, daß der allgemeinen Feststellung eine beliebig weit gehende Spezialisierung folgen durfte. Ein Beobachter, Janssen, schloß nämlich aus der außerordentlichen Helligkeit der im Spektrum auftretenden Wasserstofflinien, es müsse auch bei vollem Sonnenlicht (also ohne Verfinsterung) möglich sein, wenn man den Spalt des Apparates genau auf den Sonnenrand einstellte, dort vorbrechende Protuberanzen gleichsam für die Analyse einzufangen. Am Tage der Finsternis barg sich die Sonne gleich nach der Finsternis in Wolken. Als sie aber am nächsten Tage sich unverhüllt erhebt richtet Janssen sein Spektroskop auf die Randstelle, wo die Verfinsterung die hellste Protuberanz gewiesen. Im Spektrum erstrahlen sofort die hellen Linien. Janssen schiebt den Spalt hin und her, so daß der Sonnenrand in verschiedenen Stellungen sich zeigt; das Spektrum malt gradezu das Bild, den Umriß, die Höhe der Protuberanz. Und so ist der Weg geebnet, um fortan zu jeder hellen Sonnenstunde in vollkommener Muße etwaige Protuberanzen vom Sonnenrande abzulesen und nach dem Apparat auf dem Papier aufzuzeichnen. Janssen saß zur Zeit seiner Entdeckung als Pionier der Sonnenfinsternisexpeditionen zu Guntoor in Ostindien. Als sein Bericht verspätet in Paris ankam, hatte — ein charakteristisches Beispiel für die Duplicität zeitgemäßer Entdeckungen — Lockyer in England bereits dieselbe Idee verwertet (theoretisch war Monate vorher auch unser genialer deutscher Astrophysiker Zöllner schon dahinter gekommen), und auch er hatte sowohl die Protuberanzen selbst wie auch die rote Chromosphäre, aus der sie entspringen, bei offener Sonne gesehen. Der Zufall ließ — wie einst bei Darwin und Wallace — beider Berichte in derselben Sitzung der Akademie der Wissenschaften zu Paris zur Verlesung kommen, und die Akademie sah sich genötigt, beiden Entdeckern zu Ehren eine goldene Medaille anfertigen zu lassen — ein guter Ausweg, der manchem leidigen Prioritätsstreit in der Geschichte der Wissenschaften zum Frieden verholfen haben würde, wenn man ihn sich zur Regel gemacht hätte. Unmittelbar danach zeigte Huggins,

daß es zum vollen Sichtbarmachen der Form der Protuberanzen nicht einmal der schnellen Hin- und Herbewegung des Spektroskop-Spaltes bedürfe, sondern daß man schon durch einfache Erweiterung des Spaltes Protuberanzen von nicht allzu großer Erhebung auf einmal ganz sichtbar machen könne.*) Die eigentliche spektralanalytische Zergliederung des in Chromosphäre und Protuberanzen wogenden Stoffes aber fand vollends jetzt keine Schranken mehr. Am einfachsten erweist sich in ihr die Natur der oben erwähnten wolkenartigen Protuberanzen. Hier bilden den Grundstock die vier einfachen Linien des Wasserstoffes; daneben zeigt sich besonders noch eine nach unseren irdischen Elementen vorläufig nicht zu bestimmende gelbe Linie: man hat den Bestandteil der Protuberanz, der sich in ihr verrät, provisorisch „Helium“ getauft. Wesentlich reicher ist die Zusammensetzung in den eruptiven Protuberanzen. Dort erscheinen neben Wasserstoff und Helium noch die Linien des Natriums, des Magnesiums, des Bariums, des Titaniums, des Eisens und andere mehr, so daß Secchi mit Recht hier von metallischen Protuberanzen gesprochen hat. In der Grundschicht der Chromosphäre finden sich, wie erklärlich, alle Materialien zu beiden Protuberanzenarten vor, doch überwiegt im Spektrum für gewöhnlich die einfache Mischung der Wolken, während an lebhaft erregten Stellen, in der Nähe von Flecken und eruptiven Protuberanzen. die Metalllinien sich vordrängen. Neuerdings ist man — bei den letzten

*) Es ist nicht ganz leicht, sich in den Gedanken hinein zu finden, daß mit Hilfe des Spektroskops, das zunächst doch auch bei den Protuberanzen nur ein paar helle Linien zeigt, ein wirkliches Umrißbild der Protuberanz nach Art der auf unserer Farbentafel dargestellten Beispiele gewonnen werden könne. Man muß sich dazu den ganzen Hergang von Anfang an genau vergegenwärtigen und keinen Punkt der Kette übersehen. Das Spektrum einer Protuberanz weist hauptsächlich drei helle Linien, — solche des Wasserstoffs. „Projiziert man nun das Bild des Sonnenrandes vermittelst eines Fernrohrs so auf den Spalt (des Spektroskops), daß der letztere den Sonnenrand tangential (d. h. senkrecht auf der vom Berührungspunkt zum Sonnenmittelpunkt gezogenen graden Linie) berührt, so erhält man das Spektrum der erleuchteten Erdatmosphäre, welches als ein abgeschwächtes Sonnenspektrum erscheint. Befindet sich aber an dieser Stelle des Sonnenrandes eine Protuberanz, so wird deren Spektrum auf das Spektrum der Atmosphäre projiziert, und nun werden die Linien des Protuberanzspektrums sichtbar, sobald die Zerstreuung des Spektroskops stark genug ist, um die Intensität des kontinuierlichen Atmosphärenspektrums unter diejenige der Protuberanzlinien herab zu drücken: die Protuberanzlinien erscheinen hell auf dem hellen, kontinuierlichen, mit dunklen Fraunhofer'schen Linien durchzogenen Atmosphärenspektrum. Öffnet man den Spalt etwas weiter, so wird hierdurch die Flächenintensität der Protuberanzlinien nicht geändert, sie werden nur breiter, wohl aber nimmt die Intensität des kontinuierlichen Spektrums zu, so daß die Protuberanzlinien zum Verschwinden gebracht werden können. Eine Verstärkung der Dispersion (Zerstreuung des kontinuierlichen Spektrums über ein so langes Band, daß seine Lichtstärke aufs äußerste dabei vermindert wird) bringt in diesem Falle aber die Linien wieder zur Sichtbarkeit. (Die Zer-

Sonnenfinsternissen — noch auf eine Art von *weißen* Protuberanzen aufmerksam geworden, in denen der Wasserstoff völlig zu fehlen scheint und wahrscheinlich *bloß* ein unbekannter Grundstoff wie jenes Helium, das vielleicht noch leichter als Wasserstoff ist, emporgewirbelt wird. Die Zukunft muß lehren, inwiefern durch solche weißen Auswüchse die Chromosphäre direkt überleitet zur Corona. Jedenfalls hat das Spektroskop an der *Basis* der Chromosphäre, da, wo sie an die Photosphäre grenzt, oder wohl besser: allmählich in sie übergeht (denn der Ausdruck „Schicht“ oder „Hülle“ darf nicht dazu verführen, in der losen, wogenden Masse der ganzen Sonnenoberfläche an scharfe Sonderungen der Grenzgebiete zu denken), noch eine Art Zwischenschicht nachgewiesen, die *hier* die Brücke bildet. Die Existenz dieser Zwischenhülle dicht über der Photosphäre wurde von Secchi zunächst rein theoretisch wahrscheinlich gemacht. Wie der Leser sich erinnert, zwingen die Fraunhofer'schen Linien im Sonnenspektrum notwendig zur Annahme einer Schicht absorbierender Metalldämpfe *auf* der Photosphäre mit ihrem kontinuierlichen Grundspektrum. Wenn es gelingen könnte, für einen Moment diesen Dampfmantel *für sich*, ohne durchscheinendes Photosphären-Spektrum, zu analysieren, so müßten sämtliche Linien, die sonst als „Fraunhofer'sche“ dunkel sind, jetzt als echte *helle* Gaslinien im Apparat erscheinen. Die eigentliche Chromosphäre mit ihren wenigen Linien, in denen der Wasserstoff über-

---

streuung, die das kontinuierliche Spektrum abblendet, vermindert die Helligkeit der Gas-Linien nicht, sie vergrößert lediglich ihren Abstand voneinander.) Hieraus ist ohne weiteres klar, daß zur Erkennung der Protuberanzlinien die Dispersion um so stärker genommen werden muß, je weiter der Spalt geöffnet werden soll.“ Das ist die Grundlage. Nun kommt das Entscheidende. „Bei tangential zum Sonnenrande gestelltem Spalt *entspricht die Länge der hellen Protuberanzlinien dem Durchmesser der Protuberanz an dieser Stelle*; führt man daher den Spalt langsam vom Sonnenrand weg, so erhält man die *aufeinanderfolgenden Durchmesser der Protuberanz und damit stückweise auch ihre Gestalt*. Wenn man durch irgend ein Prisma nach einer monochromatischen Lichtquelle (d. h. einer Lichtquelle, die nur *eine* Lichtart, etwa bloß Rot oder Gelb oder Blau ausstrahlt) hinsieht, z. B einer Natriumflamme, so erblickt man diese Lichtquelle in ihrer natürlichen Gestalt, sofern man von Verzerrungen, die von derselben Ursache wie die Linienkrümmungen herrühren, absieht. Eine Protuberanz liefert zwar kein monochromatisches Licht, wohl aber solches, dessen Strahlen so weit auseinander liegen, daß *eine* dieser Strahlengattungen als von einer monochromatischen Lichtquelle herrührend betrachtet werden kann. Öffnet man daher den Spalt des Spektroskops so weit, daß das *ganze Bild einer Protuberanz* in die Öffnung hineinfällt, und ist gleichzeitig die Dispersion so stark, daß das kontinuierliche Spektrum der erleuchteten Erdatmosphäre hinreichend abgeschwächt wird, so muß *im Spektroskop an den Stellen der hellen Protuberanzlinien die Protuberanz selbst in ihrer vollständigen Gestalt und in der Farbe der betreffenden Linien erscheinen*.“ (Die Citate mit Ausnahme der in () geschlossenen Zusätze nach *Scheiner*, Spektralanalyse der Gestirne, S. 96, 97.)

wiegt, genügt nun dieser Anforderung noch nicht, sie kann nicht selbst als die wirklich **umkehrende**, die dunklen Fraunhofer'schen Linien hervorzaubernde Sonnenhülle gelten. Diese muß vielmehr sich noch zwischen sie und die Photosphäre einschieben, respektive den untersten Teil der letzteren bilden. Was Secchi im Geiste geschaut, wies **Young** bei der Sonnenfinsternis vom Jahre 1870 durch geschickte Ausnutzung eines flüchtigen Moments direkt nach. „In dem Augenblick," so erläutert Young selbst seine Methode bei der Entdeckung, „in welchem der Mond die Sonnenscheibe vollständig bedeckt, ragt die Sonnenatmosphäre an der Stelle, wo eben der letzte Strahl des Sonnenlichts verschwunden ist, noch etwas über den Rand der Mondscheibe hervor. Wird dann das Spektroskop so eingestellt, daß der Spalt desselben das Sonnenbild an dieser Stelle berührt, so beobachtet man eine prachtvolle Erscheinung. Während die von der Sonnenscheibe noch sichtbare Sichel kleiner und kleiner wird, bleiben die meisten dunkeln Linien des Spektrums unverändert, nur werden sie etwas stärker. Einige wenige indessen werden schwächer und verwandeln sich schon eine oder zwei Minuten vor Beginn der totalen Verfinsterung in helle, wenn auch schwach leuchtende Linien. In dem Augenblick aber, in welchem die Sonne vollständig von der Mondscheibe bedeckt wird, blitzen durch die ganze Länge des Spektrums, im Rot, im Grün, im Violett Hunderte und Tausende heller Linien auf. Die Erscheinung dauert nur 2—3 Sekunden. Die Schicht hat ungefähr eine Dicke von nur 200 Meilen und wird sehr schnell von dem fortschreitenden Mond bedeckt. In den Jahren 1868 und 1869 gelang es nicht, diese Erscheinung zu beobachten, da eine sehr genaue Einstellung des Instruments erforderlich ist. Erst im Jahre 1870 wurde sie zum erstenmal beobachtet. Dagegen ist es wegen der Beleuchtung unserer eigenen Atmosphäre nicht möglich, die Erscheinung zu andern Zeiten wahrzunehmen." Eine scharfe Grenze ist, um das nochmals zu betonen, bei all diesen Hüllen jedenfalls nicht gezogen: wie sich in den tieferen Schichten der Chromosphäre anscheinend bereits die Dämpfe der schwereren Metalle mehren und den Übergang zu jener echten umkehrenden (Fraunhofer'schen) Schicht vermitteln, so scheint es durchaus, als wenn die Metalldämpfe dieser letzten selbst wieder tief in die körnige Masse der Photosphäre hineinreichten und gleichsam den grauen Grund abgäben, in dem die einzelnen Körner dieser Photosphäre als weißglühende, ein kontinuierliches Spektrum abgebende Wolken schwimmen.

Die erste **spektroskopische Untersuchung der Corona** erfolgte (ebenfalls durch **Young** in Verbindung mit Harkneß) im Jahre 1869. Das glänzendste Resultat dabei war die Entdeckung einer **grünen hellen Linie** im Coronaspektrum. Sie wies auf ein glühendes Gas, und damit war die Zugehörigkeit der Corona zur Sonne eine feste Thatsache geworden, da weder die Erdatmosphäre noch die Umgebung des Mondes glühende

Gase beherbergen. Was für ein Gas die grüne Linie erzeugt, ist dagegen bisher aus unsern irdischen Kenntnissen heraus nicht festzustellen gewesen, und, wie bei dem Helium der Chromosphäre und ihrer Protuberanzen, hat man ihm einen eigenen Namen, Coronium, gegeben; es muß sich um ein Element handeln, noch sehr viel weniger dicht als Wasserstoff, das leichteste aller uns bekannten Gase. Im gewöhnlichen Sonnenspektrum erscheint an Stelle des grünen Streifens eine entsprechende dunkle Linie. Die Corona besteht aber, darüber sind auch allmählich alle Zweifel geschwunden, nicht bloß aus Coronium, — ja sie kann überhaupt nicht einfach, wie die Chromosphäre, bloß noch viel verdünnter und größer, als Gashülle bezeichnet werden. Außer der Coroniumlinie weist sie nämlich ein sogar ziemlich intensives kontinuierliches Spektrum bis in ihre fernsten Ausläufer hinein. Mit seinem Auftreten kompliziert sich die Sache aufs äußerste. Einerseits beweisen gewisse unzweideutige Untersuchungen des Lichtes der Corona (auf Grund der sogenannten Polarisationserscheinungen), daß es sich bei einem Teil dieses Coronalichtes unbedingt um reflektiertes, von irgend welchen dunklen Stoffteilchen zurückgeworfenes Sonnenlicht handelt. Außer selbstleuchtendem Gase muß also die Corona noch eine Art kosmischen Staubes enthalten, der von der Sonne her bestrahlt wird und so indirekt leuchtet. Man braucht dabei, wie Huggins gezeigt ha', nicht an große Massen solcher Partikelchen festen Stoffs zu denken: ein winziges Teilchen auf eine Kubikmeile würde genügen, um das Reflexionsspektrum zu erklären. Auf der andern Seite aber sind in dem kontinuierlichen Spektrum wieder die Fraunhofer'schen Linien, die bei reiner Reflexion des Sonnenlichts doch notwendig auch sich miteinstellen müßten, ungemein schwach und den meisten Beobachtern gar nicht erkennbar. Es muß also außer den Coronium-Gasmassen und außer den rein reflektierenden festen Staubmassen notwendig noch ein Hauptteil thatsächlich selbst glühender Staubpartikelchen in der Corona enthalten sein, der ein reines kontinuierliches Spektrum liefert und so den Grundstock des Reflexionsspektrums so verstärken hilft, daß die dunklen Linien dieses Reflexionsspektrums dabei fast verloren gehen. Wer sich durch dieses Wirrwar von Notwendigkeiten glücklich durchgefunden hat, der wird die Erklärung am naturgemäßesten finden, daß die Corona thatsächlich aus sehr verschiedenen Hüllen sich wieder zusammensetzt. Im Innern, als hellster, gleichmäßigster Lichtring, wesentlich eine echte oberste Atmosphärenschicht der Sonne: glühendes Coroniumgas mit etwas Wasserstoff. Weiter draußen, in dem unregelmäßigen, kometenartig ausgeschweiften und wechselreichen Hauptteil dagegen ein ungeheures Gestöber kosmischer Meteoritenteilchen, — teils noch fest und bloß das Sonnenlicht reflektierend, teils aber auch schon im Feueratem der nahen Hölle zur Weißglut erhitzt, so daß ein eigenes kontinuierliches Spektrum ohne Fraunhofer'sche Linien von ihnen ausgeht.

Diese einfachste Hypothese ist schon 1871 von Young aufgestellt und bei den letzten Sonnenfinsternisstudien von 1889 lediglich bestätigt worden.

Gewagtere Hilfshypothesen denken an gewaltige elektrische Abstoßungsprozesse, durch die Wasserstoff, meteorischer Staub und zurückgebliebene Kometenbestandteile (Kometen kommen der Sonne ja oft außerordentlich nah!) von der Sonne beständig in den Raum hinaus zerstreut würden, — wodurch dann das bizarre Coronabild entstände. Daß höchst seltsame, vorläufig gar nicht in Schulparagraphen einzuordnende Abstoßungsprozesse im Weltall und besonders der Sonnennähe thätig sind, scheint sich in der That sehr auffällig bei den Kometenschweifen zu bestätigen, die fast stets nahezu gradlinig von der Sonne abgewendet sind, wie auch der Kern des Kometen auf seiner Bahn zur Sonne stehen mag. Doch beginnt hier, bei den der Gravitation entgegen wirkenden Kräften des Alls, im ganzen vorläufig noch ein Nebelland so unsicherer Art, daß ein näheres Erörtern der vielfach sich mühenden Spekulation einstweilen wenig Freude gewähren kann.*)

Die Spektralanalyse hat uns auf alle Fälle jetzt bereits ein ordentliches Stück vorwärts gebracht. Der Sonnenball gewinnt Schicht um Schicht eine ganz bestimmte, höchst eigenartige Form. Zu oberst die Corona, weit draußen vielleicht bloß Meteoritengewölk, das der nahe Hochofen teils grell bestrahlt, teils zum Glühen bringt, so daß es als Ganzes zackig aufleuchtet wie ein kosmisches Schneegestöber, — näher am Centrum aber eine weiße Hülle aus unendlich leichtem Gas: dem Coronium. In diese Coroniumschicht hinein lösen sich von der tieferen, rosenroten Chromosphäre bald oberflächliche, horizontal gebreitete Wasserstoff- und Heliumwolken, bald schießt, aus den unteren, schon metallreicheren Gasmassen derselben Chromosphäre, eine Rakete glühender Metalldämpfe auf. An der Basis der Chromosphäre lagert sich, zahllose dunkle Linien des Spektrums durch Absorption erzeugend, eine Gasschicht vielartigster Zusammensetzung, in der an vierzig verschiedene Elemente im Zustande des dritten, gas

*) Ganz neuerdings, am 19. Februar 1892, ist von Fenyi in Nord-Amerika ein kontinuierliches Spektrum selbst bei einer eruptiven Protuberanz gesehen worden, als diese die Höhe von ungefähr 2400 geogr. Meilen über der Sonnenoberfläche erreicht hatte. Das könnte darauf hinweisen, daß hin und wieder wenigstens Staubmassen, wie man sie für die äußere Corona annimmt, schon in der Region der Protuberanzen vorkommen. Es kann sich aber auch um enorm zusammengepreßte Gase in der Protuberanz selbst handeln, die nach dem früher schon erwähnten und auf S. 416 noch näher erörterten Ausnahmegesetz ein kontinuierliches Spektrum zeigen, ohne doch in den echten heißflüssigen Zustand übergetreten zu sein. Das ganze Gebiet der hier berührten Fragen ist grade gegenwärtig aufs äußerste im Fluß, und jeder Tag fast bringt Entdeckungen aus dem reinen Thatsachengebiet heraus, die, sei es nun wirklich oder nur scheinbar, allen Hypothesen Hohn sprechen.

förmigen Aggregatzustandes wogen. Unter dieser Absorptionsschicht dann endlich brodelt die eigentliche Sonnenoberfläche, die Photosphäre mit ihrer wunderlich körnigen, vielleicht auf schon verdichtetere Metallwolken deutenden Struktur, von der das kontinuierliche Grundspektrum ausgeht. Und auf dieser Photosphäre glänzen die Fackeln, in sie hinein senken sich anscheinend trichterförmig die Sonnenflecke. Geben diese letzteren uns Aufschluß über etwas noch Tieferes? Was sind sie? Und wie müssen wir uns den Sonnenkern, zu dem sie hinabzuleiten scheinen, vorstellen? Wir verließen diese Frage oben, um erst die Spektralanalyse herbeizuführen als sicherste Instanz.

Die Herschel-Arago'sche Theorie des kalten (und infolgedessen dunkeln) Sonnenkerns hatte sich unter der ersten Kritik der Kirchhoff und Bunsen als unabänderlich verkehrt herausgestellt. In der ganzen Kette der folgenden spektroskopischen Erfolge, wie wir sie im voraufgehenden durchmustert, ist auch nicht ein einziger Punkt, der nachträglich etwa nochmals zu Gunsten dieses größten Irrtums der Sonnenphysik hätte eintreten dürfen. Das Sonnen-Innere muß notwendig noch sehr viel heißer sein als Corona, Chromosphäre, Umkehrungsschicht und Photosphäre zusammen. Wie wird man sich nun unter diesen Verhältnissen die Beschaffenheit der Stoffe darin zu denken haben? Es ist, ehe man sich in Theorien über die Sonnenflecke vertieft, durchaus nötig, einen Moment vor dieser grundlegenden Frage Halt zu machen, zumal da sie einige physikalische Thatsachen berührt, die ebenso interessant wie in weiterem Kreise wenig bekannt sind.

Die erste nahe liegende Annahme, die sich nach Überwindung der Herschel'schen Ansicht aufdrängen mußte und auch von Kirchhoff 1861 sogleich konsequent ausgesprochen wurde, war, daß der eigentliche Sonnenkern, mit seiner sichtbaren Außenwand der Photosphäre, die das kontinuierliche Spektrum liefert, ein fester oder flüssiger Körper im Zustande der Weißglut sei. Der feste Zustand ist dabei von vornherein der unwahrscheinlichere, da die gewaltige Ausstrahlung in den kalten Raum, falls sie nur von einer ganz dünnen Oberflächenschicht ausginge, eine rasche Abkühlung und dunkle Rindenbildung herbeiführen müßte, wovon nichts wahrzunehmen ist; im Gegenteil macht alles Sichtbare den Eindruck größter Beweglichkeit. Kirchhoff entschied also selbst schon mehr für den glühend flüssigen Zustand, und Zöllner ist in der Folge sehr lebhaft dafür eingetreten. Die Frage liegt indessen nicht so einfach. Das Problem ist ernstlich zu erörtern, ob nicht der Sonnenkern doch auch aus Gas bestehen könne — allerdings aus Gas in sehr eigentümlichem Zustande.

Die Spektralanalyse läßt uns von einer bestimmten Ecke ab hier in gewissem Sinne im Stich. Es ist heute in keiner Weise mehr zweifelhaft,

daß, wenigstens für die in unseren Laboratorien möglichen Verhältnisse, Gase bei sehr hohem Druck und einer ein gewisses Maß übersteigenden Temperatur ein kontinuierliches Spektrum geben, genau wie echte flüssige oder feste Körper in Weißglut. Da die Sonne nun an Hitze offenbar nirgendwo etwas zu wünschen läßt, so beweist, sobald man den nötigen Druck hypothetisch annimmt, das kontinuierliche Spektrum an sich noch gar nichts gegen die Gastheorie. Man könnte sich den Druck, den schon die Metalldämpfe der Chromosphäre, besonders der untersten, die Fraunhofer'schen Linien erzeugenden Grenzschicht, ausüben, so gewaltig denken, daß die Gase der Photosphäre zu jenem Zustand, der das kontinuierliche Spektrum auch giebt, zusammengepreßt würden. Dann wäre Gas oben und Gas unten: oben weniger dichtes, das die dunklen Absorptionslinien hervorriefe, unten so verdichtetes, daß das kontinuierliche Band entstände. Diese kühnste Verallgemeinerung ist nun allerdings doch mit einigen Nebenerscheinungen entschieden im Widerspruch. Der langsame Übergang der absorbierenden Gasschicht in die rein emittierende (das kontinuierliche Spektrum entsendende) wäre in dem Falle unbedingt als allmählich vermittelnder zu denken, wobei niemals die Fraunhofer'schen Linien zum Teil eine so große Deutlichkeit erlangen könnten. Der eigentlich lichtstrahlende Stoff der Photosphäre muß sich also doch, darüber kommt man schwer weg, im festen oder flüssigen Aggregatzustande — in Weißglut — befinden. Aber nun zugegeben, daß ein Teil der oberflächlichen Photosphäre sich — wohl infolge der Nähe des kalten Weltraums — zu wirklichen Wolken aus weißglühenden Metalltropfen kondensiert hat,*) — so beweist selbst das für das Innere noch lange nichts. Ja die Frage bleibt auch so nicht nur offen, sondern es wächst sogar mit jedem tieferen Schritt, mit jeder Meile abwärts erst recht wieder die Wahrscheinlichkeit für noch nicht

*) Eine nicht ganz belanglose Schwierigkeit, die bei dieser Annahme kondensierter weißglühender Wolken in der Photosphäre mit unterläuft und jedenfalls eine Hilfshypothese fordert, wird von Scheiner (Spektralanalyse der Gestirne S 195) gekennzeichnet „Es wird für gewöhnlich angenommen, daß diese Kondensationsprodukte von den Metallen herrührten, welche auch die Absorption ausüben: es ist dies aber schwer verständlich, da man nicht recht einsehen kann, weshalb die Kondensation alsdann in den höheren kühlen Schichten nicht mehr vorhanden ist Diese Schwierigkeit dürfte nur durch die Annahme gehoben werden, daß die kondensierten Teilchen der Photosphäre einem einzigen Element — es braucht kein Metall zu sein — angehören, welches seinem Atomgewicht nach überhaupt nicht oberhalb einer gewissen Grenze auftritt, und welches außerdem die Eigenschaft hat, schon bei verhältnismäßig sehr hoher Temperatur aus dem dampfförmigen in den flüssigen oder festen Aggregatzustand überzugehen. Es spricht hierfür, daß z. B. oberhalb der Chromosphäre die Metalldämpfe unter normalen Verhältnissen nicht mehr vorhanden sind, sondern nur noch die leichtesten Elemente wie Wasserstoff, Helium, Coronium".



Protuberanzen der Sonne. (Nach Secchi und Winlock.)
Ungeheure Gebilde, hauptsächlich aus glühendem Wasserstoff bestehend, die sich bald in Form von Wolken, bald als stürmische Eruptionen über die Oberfläche der Sonne erheben.

flüssig gewordenen Stoff, — für echtes Gas. Die Hitze muß nach innen beständig zunehmen, und die Möglichkeit eines nicht zu Gas aufgelösten Stoffes wird damit beständig geringer. Und der einzige Einwurf, den man erheben könnte, scheint sich dabei wenig brauchbar zu erweisen. Er stützt sich auf den Satz, daß das, was durch die Wärme hintertrieben wird, nämlich das Flüssig- oder Festwerden der Elemente im Sonnenkern, notwendig doch erreicht werden müsse durch den ins Ungeheuerliche gesteigerten Druck. Soweit irdische, uns zugängliche Dinge hier in Betracht kommen, rechnet dieser Einwurf mit einer direkt falschen Thatsache. Es gehört grade zu den merkwürdigsten Eigenschaften der Gase, daß sie sich aus dem gasförmigen in den flüssigen Zustand durch Anwendung selbst ungeheuerlichen Drucks schlechterdings nicht mehr überführen lassen, wenn ein gewisser Temperaturgrad — die sogenannte kritische Temperatur — überschritten ist. Bei den Experimenten von Colladon und Natterer wurde Sauerstoff-Gas einem Druck bis zu 3000 Atmosphären ausgesetzt bei einer Temperatur von doch bereits — 30° C.: das Gas wurde nicht flüssig, denn bei 30° Kälte war seine kritische Temperatur noch immer überschritten. 1877 erst glückte es Pictet und Cailletet, mit einem Druck von 525 Atmosphären und einer Temperatur von — 130° C. den Sauerstoff so in seinem Aggregatzustande zu verwandeln, daß beim Öffnen eines Hahnes am Apparat ein innen flüssiger und durchsichtiger, außen aber blendend weißer und zu Schneestaub gefrorener Strahl Sauerstoffmaterie hervorschoß. Mit Wasserstoffgas gelang der Versuch bei 650 Atmosphären-Druck und — 140° C. Kälte: jetzt entwich dem Hahn ein undurchsichtiger Strahl von stahlblauer Flüssigkeit, und fest gewordene Teilchen prasselten gleichzeitig wie Hagel zu Boden. Nicht bei allen Gasen liegt die kritische Temperatur so tief. Bei 0° werden Chlor schon mit 4, Ammoniak mit 6½, Kohlensäure mit 38 Atmosphären flüssig. Aber überall bleibt das ganz bestimmte Verhältnis zwischen Druck und Wärme: von bestimmtem Punkt ab ist offenbar die Wärme (respektive die Beweglichkeit der kleinsten Stoffteilchen) so intensiv, daß sie anscheinend jedem Druck die Stange hält und das Gas Gas bleiben läßt, mag darauf quetschen, was will. Setzt man nun für das Sonneninnere auch nur die relativ geringste Wahrscheinlichkeitsziffer der mittleren Temperatur an, so muß doch klar sein, daß die kritische Grenze aller uns bekannten Elemente weit darin überschritten ist. Da kann dann also der Druck so groß werden, wie er will: flüssig werden diese überhitzten Gasmassen nie. Daß sie deshalb — als Gase — nicht bei so enormem Druck in einen höchst eigenartigen, unserem konventionellen Gas-Begriff ziemlich unähnlichen Sonderzustand geraten sollten, ist allerdings in keiner Weise abzuweisen. Wir haben gesehen, daß das Spektrum komprimierter, aber durch zu hohe Temperatur am Flüssigwerden verhinderter Gase allmählich doch das echte kontinuierliche

des tropfbar flüssigen Aggregatzustandes wird, und das ist schon ein Fingerzeig. Eine mit den Dimensionen des Sonnenkolosses arbeitende Pressung aber müßte wahrscheinlich einen Gaszustand schaffen, der zäh wie Pech oder Glaserkitt sich darstellte. Die Vorstellung ist eine überaus wunderliche, daß man diesen Zustand dann doch noch als den eines „Gases“ bezeichnen und das Wort „flüssig“ nach wie vor ausschließen soll. Es klingt wie Wortklauberei. Aber Gas und Flüssigkeit unterscheiden sich streng physikalisch durch ganz bestimmte Eigenschaften, und ein selbst zähflüssiges Gas, das doch diese Gascharakteristika bewahrt hat, ist und bleibt ein Gas und keine Flüssigkeit. Eine solche echte Gaseigenschaft, die es streng von der Flüssigkeit scheidet, ist beispielsweise die gleichmäßige Ausdehnung bei abnehmendem Druck. „Man denke sich eine Flüssigkeitsmasse in einem Gefäß, welches grade von derselben angefüllt wird, durch einen sehr hohen Druck zusammengepreßt und stelle sich vor, dieser Druck werde dadurch verhindert, daß das Gefäß sich nach und nach erweitert. Zunächst wird das Gefäß vollständig gefüllt bleiben, weil sich die Flüssigkeit ausdehnt, während der Druck geringer wird. Schließlich aber wird, selbst wenn die Temperatur konstant gehalten wird, die Flüssigkeit das Gefäß nicht mehr vollständig ausfüllen, sondern es wird sich über der Flüssigkeit ein leerer Raum bilden, welcher von der Flüssigkeit durch eine scharfe Grenzfläche, eine freie Gleichgewichtsoberfläche getrennt wird. Dieser Raum ist natürlich nicht absolut leer, sondern mit dem Dampf der Flüssigkeit angefüllt. Wäre dagegen ein solches Gefäß mit einem Gas gefüllt, so würde das Gas, wenn der Druck geringer wird, nicht aufhören, das Gefäß vollständig anzufüllen, wenn durch Wärmezufuhr die Temperatur konstant erhalten würde, — selbst wenn dieses Gas anfangs unter dem Einfluß eines ungeheuren Druckes eine größere Dichtigkeit gehabt hätte als die Flüssigkeit. So stark auch der ursprüngliche Druck durch Vergrößerung des Gefäßes vermindert wird: es wird sich niemals, wie bei der Flüssigkeit, eine freie Gleichgewichtsoberfläche bilden“. (Young.) Es giebt noch ein paar ähnliche strenge Proben, und mit Rücksicht auf sie wird man in der That vollberechtigt von einem gasförmigen Sonneninnern reden dürfen, selbst wenn die Gasmaterie darin so zäh sein sollte wie Schusterpech.

Eine sehr wesentliche Stütze erhält diese „konsequente Gas-Theorie“ noch durch einen Umstand, auf den ich früher schon einmal flüchtig hingedeutet. Die Sonne, so ungeheuer schwer sie auch an sich ist, hat doch im Verhältnis zu ihrem Umfang ein merkwürdig geringes Gewicht. Ihr Rauminhalt verhält sich zu dem unserer kleinen Erde wie 1 300 000 zu 1. Ihre Masse dagegen nur wie 325 000 zu 1. Daraus ist leicht herauszurechnen, daß die mittlere Dichtigkeit der Sonnenmaterie nur etwa ein Viertel von der unserer Erde beträgt — sie entspricht jedenfalls viel eher der einer entsprechenden Kugel aus Wasser. Nun vergegenwärtige

man sich: schon in den tieferen Schichten der Sonnenatmosphäre schweben Dämpfe von Eisen und anderen gehörig schweren Metallen; die einfachste Analogie scheint darauf hinzuweisen, daß wenigstens ähnliche Elemente auch weiterhin den großen Gesamtkörper zusammensetzen; wäre nun aber diese Hauptmasse flüssig, so müßte konsequent auch ein Gewicht herauskommen, das einer flüssigen Kugel aus Eisen und anderen schweren Metallen entspräche — was absolut nicht der Fall ist. Befinden sich dagegen die Metalle des Sonneninnern als Gase im Zustande sehr viel geringerer Dichtigkeit und sind sie über einen viel größeren Raum verteilt, so erklärt sich der große Abstand der Massenziffer von der Rauminhaltsziffer wenigstens einigermaßen.

Die beiden Haupteinwürfe, die gegen die Gas-Theorie, wie sie im voraufgehenden entwickelt ist, erhoben worden sind, arbeiten im Gegensatz zu den wenigstens im Prinzip klaren Voraussetzungen dieser Theorie beide noch verstärkt mit hypothetischen, erst zur Stütze der Hypothese selbst wieder aufgestellten Faktoren — ohne daß auch ihnen deshalb die Bedeutung schlankweg abgesprochen werden könnte. Der eine Einwand betont, daß wir — völlig unfähig, solche Hitze- und Druckgrade, wie die auf der Sonne jedenfalls vorhandenen, in unseren Laboratorien nachzumachen — auch unfähig sind, einen strengeren Nachweis für die Fortdauer unserer Gasgesetze unter solch enormen Dimensionen zu führen. Es wäre möglich, daß es dennoch eine märchenhafte Atmosphärendruckziffer gäbe, bei der das „Gesetz" von der kritischen Temperatur zerbräche und ein Gas doch flüssig würde. Der andere Einwurf steift sich darauf, daß der Hilfsbeweis aus der geringen Massenziffer der Sonne deshalb nicht stichhaltig sei, weil im Sonneninneren ein uns unbekanntes Element sich bergen könne, das auch in festem oder flüssigem Zustande eine äußerst geringe Dichtigkeit besäße. Beide Einwände sind gegenwärtig weder zu beweisen, noch zu widerlegen; es ist aber nützlich, sie bei allem logisch Bestechenden, das die Gas-Theorie unzweifelhaft im Moment besitzt, nebenbei als kritische Möglichkeiten im Auge zu behalten.

Beide Theorien, sowohl die vom glühend flüssigen wie die vom gasförmigen Sonneninnern haben sich, wie erklärlich, bemüht, die Sonnenflecken als Beweismittel zu verwerten, und beide sind dabei genötigt gewesen, sich mit dem auseinanderzusetzen, was die Spektralanalyse über die chemische Konstitution dieser Flecke gelehrt hat. Zwei Grundthatsachen lassen sich nun aus diesen spektralanalytischen Untersuchungen gegenwärtig ziemlich sicher entnehmen, — alles, was über sie hinausgeht, ist Spekulation, und zwar äußerst schwankende.

Zunächst geben die Flecke auch bis in den scheinbar finstersten Kern hinein ein Spektrum, das im wesentlichen, — in der Zusammensetzung aus einem kontinuierlichen Grundspektrum und einem aufgelagerten Absorptions-

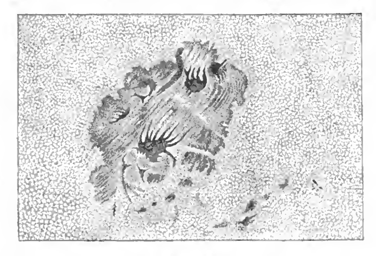
spektrum — dem der übrigen, helleren Sonnenoberfläche entspricht. Nur erscheint das kontinuierliche Spektrum durch allgemeine Absorption mehr geschwächt, und ein Teil der Fraunhofer'schen Linien ist stark verbreitert und schwärzer. Man darf sich, um das zu würdigen, nicht — etwa im Sinne der alten Herschel'schen Theorie vom Durchblick bis zu einem absolut finsteren Sonnenkern — der Vorstellung hingeben, als sei ein Sonnenfleck thatsächlich in seinem inneren Teil eine vollständig schwarze Unterbrechung des gewaltigen Photosphärenglanzes. Der Unterschied ist in dieser Stärke nur eine Kontrastwirkung für unser Auge. Nach Zöllners Messungen würde, aus dem leuchtenden Sonnenball herausgegriffen und frei in den dunklen Weltraum gepflanzt, ein solcher „Fleckenkern" immer noch mehrtausendmal heller glänzen als ein gleich großes Stück der silberfunkelnden Vollmondscheibe. Der Glanz der ungetrübten Sonne ringsum ist aber ein so ungeheuerlicher, daß diese Helle relativ zum Verschwinden kommt. Strahlt doch die Photosphäre thatsächlich ein Licht aus, in das hinein projiziert ein so blendendes künstliches Licht der Erde wie das Drummond'sche Kalklicht ebenfalls gradezu einen kohlschwarzen Fleck erzeugt. Wie sehr die Dunkelheit der Sonnenflecke relativ ist, erweist sich auch, wenn man sie neben der tiefdunklen Scheibe eines den Sonnenhintergrund passierenden Planeten (Merkur oder Venus) betrachtet: der Fleck erscheint dann in einem lichten Braungrau.

Fragt man sich, ohne irgend welchen weiteren Hypothesen hier schon Raum zu geben, was jene Verstärkung der Absorption und die Verwaschenheit zahlreicher dunkler Linien (eine ganze Reihe, besonders die einseitig verwaschenen, gehört dem Eisen an) am ehesten andeuten dürfte, so kommt man nach aller Analogie zu dem Satz, es möchten die Sonnenflecke relativ kühlere Gegenden der Photosphäre sein, wo bereits chemische Verbindungen der Metalle mit Metalloiden sich andeuten, wie wir solche ja schon früher als wahrscheinliche Ursache jenes seltsamen lichtschwachen Säulenspektrums der roten Sterne vom dritten und vierten Typus Secchi's gefunden haben. Dieses Resultat ist das einfachste und vorsichtigste, aber im Grunde grade das allerinteressanteste.

Die zweite aus der Spektralanalyse unzweifelhaft resultierende Eigentümlichkeit der Sonnenflecke ist die lebhafte Bewegung in ihrem Innern. Die dunklen Linien erleiden die seltsamsten Verzerrungen und deuten auf an- und absteigende Strömungen gewaltsamster Art, womit aufs beste die auch mit dem einfachen Fernrohr nachweisbare rasche Veränderlichkeit der äußeren Form der Flecke übereinstimmt. (Vergl. die folgenden Bilder.)

Noch eine Nebenerscheinung muß erwähnt werden, die scheinbar eine gelegentliche Ausnahme des ersten Resultats bildet: gewisse Fraunhofer'sche Linien, besonders die des Wasserstoffs, erscheinen nicht selten im Fleckenspektrum hell. Da aber aus reinen Beobachtungsgründen wenigstens ein

bedingter Zusammenhang von Protuberanzen und Flecken wahrscheinlich ist, so lag die Vermutung sehr nahe, daß es sich in solchem Falle einfach um die über den kühleren Fleck hinziehende heißere Wasserstoffwolke einer großen Protuberanz handle. Am 19. Oktober 1882 ist es Tacchini thatsächlich gelungen, mit weit geöffnetem Spektroskopspalt auf einem Flecken eine Protuberanz mit voller Deutlichkeit genau so, wie wenn sie über dem Sonnenrand aufragte, wahrzunehmen. Ist diese Erklärung für alle Fälle, wo der Fleck helle Linien zeigt, giltig, so bringt die Existenz dieser Linien

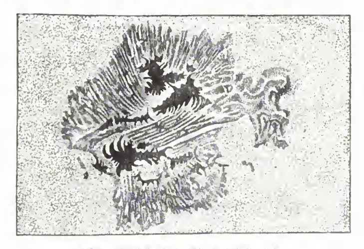


Sonnenfleck,
von Oswald Lohse auf der Sternwarte zu Bothkamp am 2. Juli 1872 beobachtet. Die folgenden 4 Bilder auf S. 422, 423, 424, 425 zeigen denselben Fleck am 4., 5., 6. und 7. Juli, — es machen sich gewaltige Veränderungen innerhalb dieser Frist von nur ein paar Tagen bemerkbar. Der Fleck hat mehrere schwarze Kerne. Die darum liegende „Penumbra“ (d. h. der lichtere Hof der Kerne) hatte bei der Beobachtung vom 2. Juli das Ansehen eines zähflüssigen geschmolzenen Gemischs, dessen Bestandteile sich zum Teil parallel nebeneinander lagerten. In die hellen Partien erstreckten sich schwarze Ausläufer der Kerne. Der Rand der Penumbra war verschwommen. Rings um den Fleck erblickt man die eigentümlich granulierte, wie aus Körnern zusammengesetzte Sonnenoberfläche (Photosphäre).

zur engeren Naturgeschichte der Flecke selbst keinen wesentlich neuen Beitrag, und das Absorptionsspektrum muß nach wie vor die Grundlage aller Spekulation bleiben.

Üppig genug ist diese Spekulation ins Kraut geschossen. Die erste Hypothese vom Boden der neuen Gas-Theorie aus gaben 1868 Faye und Secchi. Die spektralanalytischen Thatsachen waren damals noch ungenau bekannt. Man spekulierte, die Sonnenflecke, die einst Fenster einer dunklen, starren Innenwelt hatten sein sollen, wären grade umgekehrt Pforten in der tropfbar flüssigen Photosphäre, durch die dunklere d. h. mit geringerem

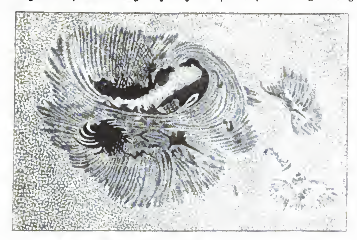
Strahlungsvermögen ausgestattete Gasmassen des Innern hervorbrächen. Die Hypothese fiel (und wurde von ihren Urhebern selbst sofort aufgegeben, so plausibel sie auch gewesen war), als das Spektrum einiger Kernflecke sich unzweideutig als Absorptionsspektrum herausstellte; der Hypothese zuliebe hätte es stets bloß helle Gaslinien zeigen dürfen. 1870 gab Zöllner, der an genialen Vermutungen wie an genialem Ausbau der technischen Hilfsmittel stets Überreiche, die sogenannte „Schlacken-Theorie." Er ging konsequent von den wirklichen spektralanalytischen Resultaten aus, nahm aber — ein entschiedener Gegner der Gas-Theorie überhaupt — einen glühend flüssigen



Der Sonnenfleck auf S. 421 am 4. Juli 1872,
also 2 Tage später, von Lohse beobachtet. Der Fleck hatte sich inzwischen weiter ausgedehnt. Die Kerne waren teilweise mit einem matt leuchtenden Schleier überzogen. Der Gesamtanblick war nach dem Urteil des Beobachters jetzt ein überaus großartiger.

Sonnenkörper an, über dem eine Dampfatmosphäre lagere. Auf der flüssigen Oberfläche sollten infolge zunehmender Erkaltung von Zeit zu Zeit immer wieder große Schlackenfelder entstehen, die als solche ein geringeres Ausstrahlungsvermögen als ihre Umgebung hätten. Um sie her sausten die Gluten doppelt wild heraus, in der Mitte dagegen entstände nach dem Centrum zu umgekehrt eine abwärts gerichtete Atmosphärenströmung. Diese Schlacken-Theorie steht, wie man sieht, mit den beiden Grundfakten der Spektralanalyse völlig im Einklang, — sie siegt und fällt aber als Ganzes je mit der allgemeinen Beweis- oder Nichtbeweiskraft der Gas-Theorie. Secchi (in späteren Schriften) hat nach Verzicht auf seine erste Hypothese sich zu der Ansicht bekannt, die Materie der Sonnenflecke sei nichts anderes, als die nach zunehmender Abkühlung in die Photosphäre wieder einsinkenden Erup-

tionsprodukte der Protuberanzen, die, sinkend, Vertiefungen bildeten und erfüllten. Das hat Young dann so ausgemalt, daß die Vertiefungen nicht eigentlich durch den Druck der rückströmenden Eruptivmassen von oben, sondern vielmehr durch Verminderung des Druckes nach oben infolge der in der Nähe erfolgten, die Spannung entlastenden Eruptionen entständen. Faye andererseits hat in seinen späteren Erklärungsversuchen das ganze Gewicht auf die Bewegungserscheinungen in den Sonnenflecken und die eigentümliche Anordnung in zwei zum Äquator parallelen Zonen ge-



Der Sonnenfleck auf S. 421 und 422, am 5. Juli 1872
von Lohse beobachtet. Vom Hauptfleck haben sich jetzt 2 kleinere rechts gelöst. Im Hauptfleck tobt eine wirbelnde Bewegung. Der obere Kern umschließt eine besonders helle Partie, der Hof ist in seiner Nähe (nach oben) doppelt gestreift, als bewege sich die leuchtende Masse in 2 Schichten nach verschiedener Richtung.

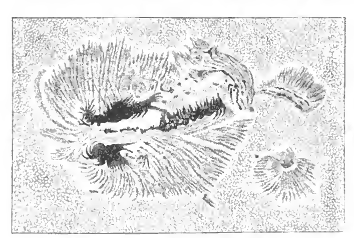
legt. Nach ihm entsteht der Fleck durch Wirbelerscheinungen nach Art unserer irdischen Cyklone und Strudel. Dampfmassen werden in riesige Strudeltrichter hinabgerissen und brechen nachher an den Rändern wieder als Protuberanzen hervor. Speziell gegen diese „Wirbel-Theorie" lassen sich mancherlei besonders schwerwiegende Gründe anführen, — aber im Grunde giebt es Bedenken gegen jede der genannten, leicht noch zu vermehrenden Spekulationen.

Und die ganze vorläufige Unsicherheit jeder weiter greifenden Theorie muß evident genug werden, wenn man eine schon oben einmal gestreifte spezifische Eigenschaft der Sonnenflecke berücksichtigt, die allerdings mit der Spektral-Analyse nichts zu thun hat, aber doch bei dieser Gelegenheit kurz besprochen zu werden verdient. Das kurze Erwähnen muß genügen: jeder direkten Erklärung spottet sie zur Zeit. Wir werden aber sehen, wie auch

sie einen wichtigen Faktor abgiebt in der ganzen Beweisführung, von der wir oben ausgegangen sind: der Heranziehung der Sonne als eines uns zufällig nahe stehenden gelben Fixsterns vom zweiten Typus zur Enträtselung der wichtigsten Phänomen innerhalb aller Fixstern-Typen.

Ein liebenswürdiges Stück aus der Geschichte der Wissenschaft thut sich auf, wenn wir diesem Gebiete nahe treten. Es ist im wahrsten Sinne die „kosmische Wissenschaft“, die dabei gefördert wurde, — die im ganzen noch nicht überreiche Wissenschaft der allertiefsten kosmischen Zusammenhänge.

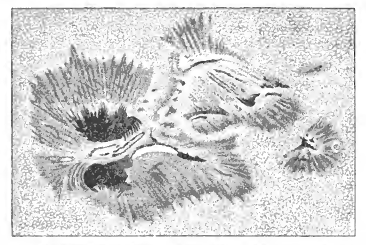
Unsichtbare Hände greifen darin über von Weltkörper zu Weltkörper



Der Sonnenfleck auf S. 421, 422 und 423, am 6. Juli 1872
von Vohle beobachtet. Der Fleck ist abermals stark verändert.

im All, Millionen von Meilen öden Raumes werden geheimnisvoll durchquert von Kraftwirkungen intensivster Art, und, wenn auch die eigentliche Auflösung der Wege und Bewegungsübertragungen noch ganz im Dunkel bleibt, so wächst aus allem doch ein überwältigendes Bild des großen kosmischen Zusammenschlusses heraus und das Wort „Natur“ gewinnt jene plastische Bedeutung als der absolute, alles erfüllende Organismus, als das „All“, in dem räumliche Entfernungen nur relativ groß oder klein je nach der Auffassung sind, in Wahrheit aber die zwanzig Millionen Meilen zwischen Sonne und Erde nichts wesentlich Verschiedenes bedeuten von dem für den Menschen winzigen Raum zwischen dem Inhalt zweier Pflanzenzellen in einem grünen Baumblatt oder zweier Wasserbläschen in einer Gewitterwolke

Im dritten Bande von Humboldts „Kosmos“, am Schluß des Kapitels über die Sonne, findet sich eine denkwürdige Stelle. In seiner geschickten Art, nicht nur aus Büchern zu schöpfen, sondern auch brieflich erbetene Auskunft anerkannter Autoritäten als aktuellste Gabe in sein weltumspannendes Buch einzufügen, hatte Humboldt sich an den Hofrat Schwabe in Dessau gewandt, um von ihm einige Fragen betreffs der physischen Konstitution der Sonne begutachten zu lassen. Schwabe war astronomischer Spezialist im vortrefflichsten Sinn des Wortes. Spät



Der Sonnenfleck auf S. 421, 422, 423 und 424, am 7. Juli 1872
von Lohse beobachtet. Der rechts gelegene Teil des Fleckes beginnt sich anscheinend wieder aufzulösen. Der eine der beiden abgesonderten kleineren Flecken ist im Verschwinden begriffen. Die leuchtende helle Masse zwischen den beiden Hauptkernen glänzt in intensiv gelbem Licht und tritt gewissermaßen erhaben hervor.

in die Himmelskunde eingeführt, hielt er zäh bei einer Lieblingsecke aus, und diese Zähigkeit gerade wurde sein Glück. „Zu Dessau 1789“ erzählt Rudolf Wolf, der geistvolle Geschichtsschreiber der Astronomie, der zugleich grade Schwabe's glückbegünstigter Nachfolger werden sollte, „dem Hofmedikus Gottlieb Schwabe geboren, der sich mit einer Tochter des dortigen Apothekers Häseler verheiratet hatte, besaß Samuel Heinrich Schwabe schon während der Zeit seines Schulbesuchs die gedoppelte Pflicht, dem Vater bei Operationen zu assistieren und für den Großvater Düten zu kleben, und mußte dann aus Familienrücksichten, nach dürftiger Vorbereitung in Berlin, die großväterliche Apotheke übernehmen, welche er erst 1829 losschlagen konnte, um nun, wie er sich selbst ausdrückte, „sein wahres Leben“ zu beginnen, d. h. sich seinen beiden Lieblingsfächern, der Astronomie und Botanik, ganz widmen zu können. Wie

er dann seine Muße bis an sein 1875 erfolgtes Lebensende zu benutzen wußte, zeigt uns schon seine geschätzte „Flora Anhaltina", vor allem aber sein Erfolg auf astronomischem Gebiete, und voraus die Erforschung der Sonne. Er begann ihre Beobachtung, wie schon erwähnt, bereits 1826, als ihm ein in der Hoffnung, seine Apotheke bald verkaufen zu können, in München bestellter Achromat zuging, und richtete sich seine Register von Anfang an so ein, daß er aus denselben unter anderem für jeden Monat und jedes Jahr erheben konnte, wie viele Tage er die Sonne mit oder ohne Flecken gesehen habe, und wie viele Fleckengruppen in jedem solchen Zeitabschnitte sichtbar geworden seien. Schon bis 1843 erhielt er das höchst wahrscheinliche Resultat, daß in der Häufigkeit der Sonnenflecken eine Periode von ca. 10 Jahren bestehe." Das Resultat stellte sich übrigens ein, ohne daß der Beobachter im geringsten darauf gerechnet hatte. Er selbst sagt, es sei ihm ergangen, wie weiland Saul, der seines Vaters Eselinnen suchte und ein Königreich fand. Als aber Humboldts Anfrage kam, zweifelte er längst nicht mehr. Bereitwillig spendete er zu dem monumentalen Werke des „Kosmos" eine Tabelle über die Jahre 1826 bis 1850 und setzte die Worte hinzu: „Die in der nachfolgenden Tabelle enthaltenen Zahlen lassen wohl keinen Zweifel übrig, daß wenigstens vom Jahre 1826 bis 1850 eine Periode der Sonnenflecken von ungefähr 10 Jahren in der Art stattgefunden hat: daß ihr Maximum in die Jahre 1828, 1837 und 1848; ihr Minimum in die Jahre 1833 und 1843 gefallen ist." Humboldt, in dessen Schatz diese Mitteilung einmündete, hatte aber noch eine zweite Gewohnheit. Er ließ, ehe ein neuer Kosmosband erschien, mit besonderer Vorliebe die Korrekturbogen bei Freunden herumwandern. So hat Bessel, solange er lebte, Bogen um Bogen noch für die numerischen Angaben durchgefeilt. Und eine solche Druckerfahne, die dem wirklichen dritten Kosmosteil vorauslief, vermittelte hier nun eine der grandiosesten kosmischen Entdeckungen. Sie spielte jene Tabelle Schwabe's in die Hände des englischen Artillerie-Generals Edward Sabine. Sabine aber hatte zur Zeit gerade eine Entdeckung verfolgt, die an sich gar nichts mit Sonne und Sonnenflecken zu thun hatte, sondern eigentümliche periodische Schwankungen der Magnetnadel auf der Erde betraf. Dennoch ergab sich auf den ersten Blick eine erstaunliche Übereinstimmung. Der Sachverhalt war in Kürze folgender.

In dem historischen Überblick unseres ersten Buches ist gelegentlich auf die uralte Kenntnis der Chinesen von der geheimnisvollen Eigenschaft der Magnetnadel hingewiesen worden. Dem menschlichen Sinn ist von Kindheit an, wenigstens in der Praxis, das Allwalten des Gesetzes der Schwere vertraut. Er weiß, daß der losgelassene Stein zur Erde fällt. Es ist ihm auch nicht weiter wunderbar, daß der Sturmwind das dürre Laub eines Baumes mitreißt; daß die Flut den Kiel mit sich fortzieht; daß die

Wetterfahne sich in der Windrichtung einordnet. Aber ein rätselhaftes Leben erwacht ihm, für das er zunächst nichts Verwandtes weiß, wenn er das Gebaren der Magnetnadel schaut, die auf horizontaler Ebene sich frei überlassen ist. Sie lagert sich in einer ganz bestimmten Weise, mit dem einen Endpol nach Norden, mit dem anderen nach Süden. Und so oft diese Lage auch verrückt wird, stets kehrt der Pol, der nach Norden gewendet war, sich wieder dorthin und umgekehrt.

Aber diese einfachste „magnetische“ Erscheinung ist, je schärfer die Beobachtung folgt, nur die erste einer ganzen Reihe. Die Magnetnadel weist durchweg nicht genau nach dem Nord- oder Südpunkt des Horizonts. Sie zeigt je nach der Lage des Ortes verschiedene horizontale Abweichungen, bald nach Ost, bald nach West. Schon hier beginnt ein äußerst kompliziertes Gebiet. Die Erdkugel, die wir im gewohnten Bilde unserer Karten mit dem streng mathematisch der Kugelgestalt angepaßten Netz unserer Längen- und Breitengrade vom Pol zum Äquator überziehen, bedeckt sich auf Grund dieser horizontalen Abweichungen der Kompaßnadel in Verbindung mit gewissen vertikalen (zur Ebene gesenkten) Ablenkungen mit einem neuen Netz magnetischer Längen- und Breitengrade, die, von anderen Verwickelungen abgesehen, schon deshalb nicht genau den geographisch-mathematischen entsprechen, weil die magnetischen Pole trotz ihrer im ganzen polaren Lage doch sowohl im Norden wie im Süden keineswegs mit den echten Polen (d. h. den Endpunkten der Umdrehungsaxe der Erde) genau zusammenfallen und ebenso der magnetische Äquator bald bis 10° nördlicher Breite (in Ost-Afrika und Süd-Asien), bald bis 15° südlicher Breite (in Süd-Amerika) über den geographischen Äquator hinaus schwankt.

Aber auch das erschöpft noch lange nicht den Kreis des unerwarteten Eigenlebens (wenn dieser Ausdruck gestattet ist) in der irdischen Magnetnadel. 1722 wurde von dem englischen Uhrmacher G. Graham die Entdeckung gemacht, daß an einem und demselben Ort, ganz abgesehen von der allgemeinen Horizontalablenkung für diesen Fleck der Erde, im Engeren noch wieder eine regelmäßig wiederkehrende tägliche horizontale Bewegung der Magnetnadel stattfindet. In den mittleren Breiten unserer nördlichen Halbkugel hat das Nordende der Nadel um 8 Uhr morgens seinen östlichsten Stand. Von da ab tritt eine Tendenz nach Westen ein, bis gegen 2 Uhr nachmittags der westliche Höhepunkt erreicht ist. Nun hebt von neuem die Ostschwingung an. Die Nacht über bleibt die Nadel meist ganz unbeweglich, so daß noch morgens das östliche Maximum besteht. Neben dieser täglichen Bewegung erfolgt noch eine geringe jährliche. Und entsprechende Erscheinungen weist die sogenannte Inklination oder senkrechte Abweichung. Hier ist es besonders die jährliche Periode, die ein Maximum in der Zeit hat, da die Erde sich in größerer Nähe zur Sonne befindet und ein Minimum bei Sonnenferne.

Endlich schwankt auch noch die gesamte Intensität der magnetischen Erdkraft: die magnetische Kraft der Erde ist als solche nicht überall gleich groß, wie ähnliches ja auch für die Schwere bei den Pendelversuchen in der Nähe des Äquators und der Pole deutlich wird. Die Untersuchungen hierüber bilden eines der interessantesten, doch auch tragischsten Kapitel menschlicher Entdeckergeschichte. Am 1. August 1785 verließ unter dem Unglücksstern Ludwigs XVI. die mit glänzendsten Mitteln ausgestattete wissenschaftliche Expedition des Grafen von Lapérouse Frankreich, um nie mehr wiederzukehren. Sie verscholl mit Mann und Maus zwischen Neu-Guinea und Neuseeland. Erst fast ein halbes Jahrhundert später wurde aus Trümmern im Korallengrund wenigstens als Schauplatz der geheimnisvollen Tragödie die Insel Vanikoro festgestellt, die so in der Geographie eine traurige Berühmtheit erlangt hat. Zu den Aufgaben dieser Expedition hatten auch Untersuchungen über das Wachsen oder Abnehmen der magnetischen Intensität unter verschiedenen Breiten der Erde gehört. Ein Brief, kurz vor dem grausigen Ende nach Paris abgesandt, rettete durch reinen Zufall grade das hierher gehörige Resultat, wonach die Intensität unter dem Äquator geringer war als in der Nähe der Pole. Die entscheidenden Forschungen hat dann später Humboldt auf seiner so allseitig anregenden amerikanischen Reise geliefert.

Auch für die Intensitätsschwankungen besteht eine jährliche Periode, bei der ebenso wie bei der Inklination die größere Sonnennähe ein Maximum schafft. Fügt man hinzu, daß alle diese magnetischen Schwankungen auch noch auf der Erde den Ort wechseln können, so hat gewiß John Herschel recht, wenn er sagt: „Die magnetischen Phänomene machen eine Ausnahme von dem Charakter der Stabilität, welcher sonst die physischen Verhältnisse unseres Erdballs charakterisiert. Die Konfiguration der Erdoberfläche, die Wärmeverteilung auf derselben wie im Erdinnern, die Gezeiten und Strömungen des Meeres, der allgemeine Charakter der Windsysteme bleiben für Tausende von Jahren konstant. Die Monsune des Roten Meeres, welche jetzt den Weg der Dampfer zu einer Jahreszeit abkürzen, zur andern verlängern, leisteten schon dasselbe den Schiffen Salomo's. Ewiger Schnee bedeckt dieselben Regionen und glänzt von den Häuptern derselben Bergspitzen, und heiße Quellen entstiegen an denselben Orten aus dem Schoße der Erde, soweit die historischen Nachrichten zurückreichen. Der magnetische Zustand unserer Erde dagegen wird von einer beständigen Unruhe beherrscht. Wenige Jahre genügen, um ihn merklich zu verändern, und der Verlauf eines halben oder ganzen Jahrhunderts reicht hin, um vollständig die Form und Situation jener Linien zu verändern, welche man auf der Erdoberfläche gezogen hat, um eine allgemeine Darstellung der Richtung und Intensität der magnetischen Kräfte zu einer bestimmten Zeit zu geben.“

Zu alle dem aber tritt unbestritten als Krone der Fund, der bei jener oben erwähnten Verknüpfung von Schwabe mit Sabine verwertet werden sollte.

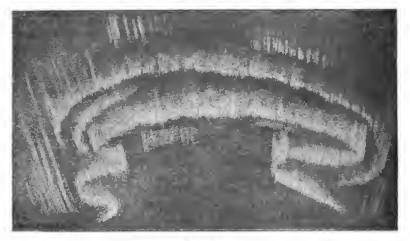
Die mittlere Größe der magnetischen Ablenkungen, die sich uns schon an Tages- und Jahreszeiten gebunden zeigte, erreicht nämlich weit über die Schwankungen des Einzeltages oder Einzeljahres hinaus auch noch eine Gesamtsteigerung und -Minderung innerhalb einer Periode von zehn bis elf Jahren. Das war es, was auch Sabine (neben anderen) zu Anfang der fünfziger Jahre unzweideutig erkannt hatte und was der erste Gedankenblitz ihn sogleich mit dem Schwabe'schen Resultat einer ungefähr zehnjährigen Periode der Sonnenflecken zusammenreimen ließ. Die sorgsamen (stündlichen) Studien an den englischen Observatorien — seit den dreißiger Jahren hatte das energische Mahnen Humboldts glücklich die allgemeine Aufmerksamkeit auf dieses Gebiet gelenkt — hatten festgelegt, daß von 1843 bis 1849 die Ablenkungen in ununterbrochener Zunahme begriffen waren. Von 1850 ab trat dann ein Sinken ein. Die Übereinstimmung mit Schwabe's Sonnenflecken-Resultaten war eine unverkennbare. Von Rudolf Wolf wurde durch Sichtung alles noch irgendwo auftreibbaren älteren Materials und eigene Fortführung der Beobachtungen der Parallelismus sehr bald zur feststehenden Thatsache erhoben. Die Sonnenflecken-Periode, genauer zu 11¹/₉ Jahren fixiert, fällt, wo immer sie sich verfolgen läßt, so genau mit der magnetischen Schwankungs-Periode auf der Erde zusammen, daß eine schematische Aufzeichnung für beide Phänomene nahezu korrekt dieselbe Kurve ergiebt. Seit 1790 erfolgt rund jedes Jahrzehnt einmal ein Gipfel und einmal ein tiefstes Sinken. Nicht alle Gipfel sind gleich hoch. Aber die relative Höhe ist allemal bei beiden Vorgängen im Einzelfall dieselbe, so daß die Zeichnung, in Form einer Gebirgskette mit Spitzen und Thälern ausgeführt, fast genau identische Profile liefert. Keine Frage, daß hier eine geheimnisvolle Verknüpfung vorliegt. Auf der einen Seite sehen wir einen periodisch geregelten Vorgang auf der Sonne, der sich optisch — für das Auge — äußert. Flecken dunkeln in verstärkter Zahl und verschwinden dann wieder. Auf der andern Seite spiegelt die irdische Magnetnadel in ihrem Zittern diese gleiche Periode und verrät, daß die Existenz und Nichtexistenz jener Flecke offenbar nicht bloß unserm Licht empfindenden Auge etwas bedeutet, sondern auch eine direkte Rolle spielt im verwickelten Gebiete des Magnetismus.

Aber auch auf der Erde — und hier setzt eine neue interessante Thatsachenkette ein — gesellt sich als Drittes im Bunde eine auch dem ungebildetsten Auge höchst sichtbarlich bedeutsame Erscheinung. Jedes Maximum der Sonnenflecke ist gewissermaßen eine negative Lichterscheinung: die hell strahlende Sonne droht sich zu verdunkeln, und bei der relativen Größe vieler dieser Flecke wäre nicht ausgeschlossen, daß ein ganz besonderer

Häufungsmoment gelegentlich eine förmliche Finsternis vorübergehend schaffen könnte. Umgekehrt aber ist es, als wenn zugleich mit oder unbedeutend nach der höchsten Flecken- (also Dunkelheits-) Entfaltung auf der Sonne nun unsere für gewöhnlich doch bloß eben von dieser Sonne erleuchtete Erde in ein Stadium seltsamer, ebenfalls genau an die Periode gebundener eigener Lichtentfaltung träte.

Es erfolgt ein Maximum der sogenannten Polarlichter (Nord- und Südlichter).

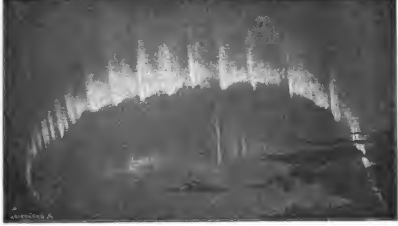
Je näher der Bewohner unseres wechselreichen Erdballs den Eispolen



Nordlicht.
Nach einer photographischen Aufnahme von Tromholt.

kommt, desto karger wird im allgemeinen die Gabe, die ihm das Sonnengestirn gewährt. Mit der belebenden Wärme läßt er den schillernden Farbenteppich der Vegetation mehr und mehr hinter sich, — an die Stelle der blütenbunten Wiese, des lichten Waldgrüns tritt das große Einerlei der Schneedecke, die vom Gebirgsgrat herabsinkt, das Flachland umhüllt, endlich auch das Blau des Meeres überdeckt und birgt. Und selbst dieses uferlose Weiß versinkt, wenn die große Polarnacht über lange Monate hereinbricht, in Finsternis, das letzte Sonnenlicht erstirbt. Da aber ist es in wachsendem Maße eine neue Lichterscheinung ganz besonderer Art, die ihre Farbenpracht auf den Himmel wirft. Die Polarlichter erglänzen in ihrer Herrlichkeit und künden eine geheimnisschwere Möglichkeit der Erde, Licht zu entwickeln auch an Punkten, wo die Sonnenstrahlen selber zur Zeit jede Macht verloren zu haben scheinen.

Die nebenstehenden Figuren mögen dem, der niemals Gelegenheit zu eigener Beobachtung gefunden, ein äußeres Bild geben, wie Polarlichter aussehen. Was die Phantasie dabei allerdings ersetzen muß, ist die märchenhafte Farbenpracht. „Die Erscheinung", sagt Weinstein, „beginnt bei uns meist mit einer, in unseren Breiten der Regel nach im Nordwesten, am Horizont aufsteigenden, oben kreisbogenförmig begrenzten dunklen Wand, welche als das dunkle Segment bezeichnet wird und wahrscheinlich auf einer Kontrastwirkung beruht. Schon während des Aufsteigens oder bald nachher zeigt sich der obere Rand des Segments leuchtend, und



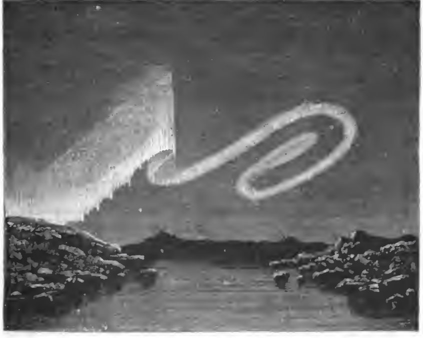
Nordlicht.
Nach einer photographischen Aufnahme von Tromholt.

es bildet sich an demselben ein vollständiger, nach innen scharf begrenzter, nach außen etwas verwaschener, mehr oder weniger breiter Lichtbogen von gelblichem Farbenton, unten rot, oben grün gesäumt. Nun schießen aus dem Bogen Strahlen hervor und vereinigen sich allmählich bei voller Entwickelung anscheinend in einem Punkte südöstlich vom Scheitel des Beobachters zu einer blutroten Krone. Der Vereinigungspunkt fällt meist in denjenigen Punkt des Himmels, nach welchem das obere Ende einer frei aufgehängten Magnetnadel an dem betreffenden Orte hinweist, in den magnetischen Scheitelpunkt des Ortes, oder doch nicht weit davon. Oft gesellt sich zu dem Bogen im Nordwesten des Himmels noch ein zweiter im Südosten, wir haben dann ein Nordlicht und ein Südlicht, und es streben die Strahlen der beiden Lichter nach demselben Punkt, wieder dem magnetischen Zenith. Es scheint dann der ganze Himmel von Lichtsäulen gebildet zu sein, die sich zu einem Zelt

anordnen; die Spitze des Zeltes nimmt die Krone ein und erglänzt oft in so wunderbarer Pracht, daß die Beobachter nicht Worte genug, sie zu preisen, finden, sie auch wohl wegen des geheimnisvollen Glanzes, der sie umgiebt, das Himmelsauge nennen und sich nicht selten in den poetischsten Ergüssen bei ihrer Erwähnung ergehen. Häufig steigen, ohne daß sich ein besonderes Südlicht zeigt, von verschiedenen Punkten rings um den Horizont besondere Lichtsäulen auf, die zusammen mit den vom Bogen hervorgegangenen wieder ein flammendes Zelt darstellen. So kann der Himmel mehr oder weniger von Lichtsäulen erfüllt erscheinen. Dementsprechend ist auch die Krone bald vollständig nach allen Seiten begrenzt, bald von Lücken durchbrochen oder gar nur zur Hälfte vorhanden. Die Mitte der Krone ist meist von Licht gänzlich frei und gewährt den Eindruck, als ob man durch die Spitze des flammenden Zeltes in die nächtliche Dunkelheit hinausblickt. Mit der Ausbildung der Krone hat die Erscheinung den Höhepunkt ihrer Entwickelung erreicht; allmählich beginnen jetzt die Strahlen zu verblassen, die Umrisse werden verschwommen, und zuletzt ist von der ganzen Erscheinung nichts übrig geblieben als ein allgemeines rötliches oder grünlich-gelbes Leuchten des Himmels, welches auch nach und nach abklingt. Nicht immer ist damit auch die ganze Erscheinung abgeschlossen, oft erwacht das Polarlicht unmittelbar zu neuer Thätigkeit, bildet wieder Bogen, Strahlen und Krone, und so setzt sich das Spiel des Entstehens und Vergehens mit kurzen Unterbrechungen viele Stunden, ja viele Tage lang fort."

Diese Darstellung giebt das ungefähre Normalschema des Phänomens. Im einzelnen ändern die Formen in der denkbar phantastischsten Weise ab, wie schon die beistehend mitgeteilten paar Proben beweisen. Zwei davon sind nach Photographien von Tromholt wiedergegeben und also doppelt wertvoll. Bei der Figur, die zu Anfang dieses Bandes auf S. 27 steht, zeigen sich die Lichtbogen eigenartig gegen den Horizont zu nach innen gebogen, um sich ganz tief unten wieder zurückzuwenden. Die höchst merkwürdige Zeichnung auf S. 433 weist einen noch viel kühner zur Spirale aufgerollten Ausläufer eines solchen Lichtbogens. Im allgemeinen gehören diese draperieartigen Polarlichter, wie die letzten Figuren sie geben, schon den höheren Breiten (nördliches Skandinavien) an. In allergrößter Polnähe scheint die Pracht der Lichter dann wieder eine Senkung zu erleiden. Nordenskjöld auf seiner monumentalen Fahrt um die polare Küste des asiatischen Kontinents gewahrte von seiner nördlich von der Beringsstraße im Wintereis eingefrorenen „Vega" aus lediglich konstante Bogen nach Art der Mondhöfe, wie die Abbildung S. 434 sie (nach einer Zeichnung vom 21. März 1879, 3 Uhr morgens) andeutet. Durchweg herrscht ein wildes Leben in der ganzen Erscheinung, das über der regungslosen Schneeöde nordischer Winternacht doppelt gespenstisch wirkt. Die Lichtbogen schieben

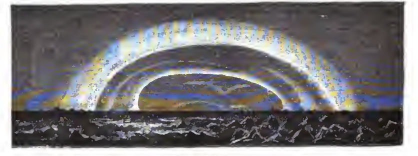
sich vor und zurück. Vom Bogen empor oder vom Horizont nach dem Bogen schießen Strahlen pfeilschnell auf, — unter Umständen den halben Himmel in weniger als einer halben Minute durchquerend. Eine echte Feuersbrunst scheint an dem eisigen Firmament zu wüten, — aber keine Wärme strahlt von ihr aus. „Der Eindruck, welchen diese und ähnliche Bewegungen auf den Beschauer machen, wird noch dadurch erhöht, daß die-



Nordlicht mit spiralig gewundenem Lichtbogen.

selben häufig mit besonderen Formveränderungen verbunden sind. Ergreift eine Bewegung ein ganzes Gebilde, so kann es dasselbe zu dem Beobachter in eine neue Lage bringen, es wird ihm gewissermaßen von einer anderen Seite gezeigt, und so wird scheinbar eine eingreifende Umgestaltung oft in so kurzer Zeit vollzogen, daß das Auge der scheinbaren Formveränderung kaum zu folgen vermag. Natürlich können aber auch wirkliche Formveränderungen vorgehen, gerade Lichtsäulen krümmen sich und nehmen Schlangengestalt an, Bogen reißen und rollen sich zu Spiralen oder Ringen auf. Diese mannigfachen Bewegungen, das Durcheinanderfahren der einzelnen Gebilde, die mächtigen Lichtpulsationen und momentanen, oft mit

Zerstörung ganzer Glieder verbundenen Formveränderungen haben wohl vornehmlich Veranlassung zu der Annahme der eigentümlichen Spukgestalten gegeben, welche die Alten und unsere Vorfahren in den Polarlichtern zu erblicken vermeinten. Die Römer sahen Waffen hin und her zucken und Kämpfer in wilder Schlacht sich gegenseitig niedermetzeln, und die nordischen Germanen glaubten die Walküren auf glühenden Rossen von Walhall hervorstürmen zu sehen, um Wotans Saal mit Helden zu füllen. Noch im Anfang des 17. Jahrhunderts beschreibt ein französischer Edelmann zwei von ihm am 13. und 15. September 1606 beobachtete Polarlichter so, als ob es sich um einen blutigen Kampf am Himmel gehandelt hätte. Da werden Reiter als gegeneinander fechtend erwähnt; der stürzt, sucht sich zu erheben und



Nordlichtbögen,
an Bord der „Vega" von Nordenskiöld am 21. März 1879 morgens 3 Uhr nördlich von der Beringsstraße gezeichnet.

wird wieder niedergeschlagen, Lanzen und Piken fahren gegeneinander, und Schlachtwagen und Kämpfer bilden ein verwirrendes und unentwirrbares Durcheinander. Ob alle diese so gewaltigen Bewegungen mit irgend welchen hörbaren Geräuschen verbunden sind oder ganz lautlos vor sich gehen, ist nicht ausgemacht. Celsius erwähnt in seinen Beobachtungen sehr oft, ein Summen, Zischen oder ein Rauschen wie das eines Gebirgsbaches gehört zu haben, und auch von vielen Seefahrern und Reisenden werden mannigfache Geräusche während der einzelnen Bewegungen hervorgehoben. Aber weit größer ist die Zahl derer, welche trotz gespanntester Aufmerksamkeit niemals irgend einen Ton vernommen haben, der dem Polarlicht selbst unzweifelhaft zugeschrieben werden könnte. Humboldt meint, die Polarlichter seien schweigsamer geworden, seitdem man sie genauer beobachte und belausche. Täuschungen sind ja hier außerordentlich leicht, denn jedes Geräusch, welches zufällig eine Bewegung einer Polarlichtsäule begleitet, wird ganz natürlich, da alle Sinne ganz auf die besondere Erscheinung gerichtet sind, auf diese Bewegung bezogen, und Geräusche sind fast zu

jeder Zeit, sei es von den atmosphärischen Strömungen, sei es von Bewegungen in den umgebenden Körpern herrührend, ja selbst in unseren Ohren durch die Blutbewegung vorhanden. Indessen kann man nicht gut direkte Angaben eines Forschers wie Celsius und Zeugnisse hervorragender Beobachter in großer Zahl ohne weiteres beiseite legen und sämtlich als auf Täuschungen beruhend erklären, und wenn andere Forscher, wie zum Beispiel auch Koch, ausdrücklich erklären, Polarlichter stets in absoluter Stille sich entwickeln gesehen zu haben, müssen wir vorläufig noch annehmen, daß allerdings Geräusche im allgemeinen die Polarlichtbewegungen nicht begleiten, in einzelnen Fällen — wahrscheinlich wenn die Polarlichter sich in den tieferen Regionen der Atmosphäre abspielen — aber sehr wohl diese Bewegungen nicht ganz lautlos vor sich gehen. Einen weiteren wohlthuenden Gegensatz zu dem wilden Durcheinander in den Bewegungen bildet die Milde des Lichtes, welches die einzelnen Gebilde ausstrahlen. Greller Glanz kommt wohl niemals vor, das Licht ist sanft wie das des Mondes. Die Helligkeit ist sehr variabel, sie kann so bedeutend werden, daß selbst der kleinste Druck deutlich gelesen zu werden vermag, dürfte jedoch die einer Nacht bei Vollmondbeleuchtung nur selten erreichen. Lemström erwähnt, daß man in Lappland in manchen Nächten unter dem Schein des Polarlichtes durch den dichtesten Wald zu reisen vermag. In der langen Winternacht der circumpolaren Regionen helfen diese Lichter den Menschen die Abwesenheit der Sonne wenn auch nicht vergessen, aber doch weniger schmerzlich ertragen!“ (Weinstein.)

Diese wilden Gesellen also, deren Wesen dem Leser durch Wort und Bild jetzt einigermaßen näher gerückt sein wird, schließen sich ebenfalls den magnetischen und Sonnenflecken-Perioden von 10—11 Jahren in ihrer wechselnden Stärke und Minderung an. Das neue Rätsel, das sich dabei scheinbar in die ohnehin schon äußerst verwickelte Sache drängt, wird gemildert, wenn man beifügt, daß schon lange ehe der Parallelismus von Sonnenflecken und Magnetnadelschwankungen festgestellt worden, dem Physiker nicht mehr zweifelhaft war, daß er im Polarlicht überhaupt eine mit dem Magnetismus der Erde aufs engste verknüpfte Erscheinung vor sich habe. Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts wurde besonders von Celsius, dessen Namen die hundertteilige Thermometerskala auch dem Laien geläufig erhalten hat, mit Nachdruck darauf hingewiesen, daß große und plötzliche Störungen der Magnetnadel durchweg das Nordlicht ankündigen und begleiten. Wie den Blitz beim elektrischen Gewitter, so faßte man die Nordlichter in der Folge gradezu als die leuchtende Äußerung magnetischer Gewitter, die bisweilen den Erdball umstürmten. Die Art des Zusammenhangs im einzelnen ist dabei allerdings bis zur Stunde eine Kampfesstätte vieldeutigster Hypothesen geblieben. Ein genaues Eingehen auf die zum Teil äußerst verwickelten Streitpunkte würde in diesem

Zusammenhang uns weit ab führen, ohne deshalb sichere Ergebnisse an die Hand zu geben. Der allgemeine Zusammenhang von Nordlicht und Erscheinungen aus der großen, noch so dunklen Wunderwelt des Magnetismus ist über allem Zwist als Grundthatsache allerdings nur immer fester geworden. Er bekundet sich nicht bloß in den Nadelstörungen angesichts des Nordlichts, sondern aller Wahrscheinlichkeit nach sogar in der äußeren Form des Lichts: die Strahlen scheinen der Richtung der Inklinationsnadel zu folgen, während die Bogen quer und symmetrisch zum magnetischen Meridian stehen. Daneben hat man aber das „Licht" als solches mit den Apparaten der modernen Forschung zu sondieren begonnen. Hier haben nun zunächst bestimmte, mit den Gesetzen der sogenannten Polarisation des Lichtes in Verbindung stehende Funde zur Evidenz dargethan, daß das Licht in den Polarkronen nicht reflektiertes Sonnenlicht ist, sondern einem wirklichen Glühen irgend welcher Substanz seinen Ursprung verdankt. Über die Art dieser Substanz giebt des weiteren die spektralanalytische Zergliederung wenigstens den einen Aufschluß, daß es sich wesentlich dabei um glühende Gase und mit starker Wahrscheinlichkeit gradezu um einfache irdische Luft — eventuell in irgend einem durch unbekannte Verhältnisse der oberen Atmosphäreregionen etwas modifizierten Zustand — handle; über eine sonderbare gelbgrüne Linie des Polarlicht-Spektrums streitet man sich dabei noch sehr heftig. Die große Kardinalfrage ist nun, wie das Glühen (einerlei, was es für Gase sind) entstehen soll. Hier hilft das einfache Wort „Magnetismus" noch nicht ohne weiteres durch. Trotz aller Versuche und Behauptungen ist es bis jetzt niemals festgestellt worden, daß ein Magnet aus sich selbst Licht entwickelt habe, diese Eigenschaft kann also der Erde als Gesamtmagnet ohne Zwang nicht zugeschrieben werden. Durch Druckvermehrung oder Reibung läßt sich die Erhitzung frei schwebender Gase bis zum Leuchten in den für die Nordlichter gegebenen Bedingungen auch nicht recht denkbar machen. Ein Haupthemmnis, das hier sowohl wie bei dem Gedanken an Glühen infolge chemischer Prozesse sich einstellt, ist der Umstand, daß von einem Wärmeausstrahlen, das überall mit der Lichtentsendung notwendig verbunden sein müßte, bei Nordlichtern nie etwas merkbar geworden ist. Echte, lang dauernde Phosphoreszenzerscheinungen infolge vorheriger Bestrahlung durch fremdes Licht passen wiederum nicht auf Gase, für die doch das Spektrum hier eintritt. So ist denn im Moment vielleicht als plausibelste Theorie die zu nennen, die trotz der seit langem populären schroffen Gegenüberstellung von magnetischem Nordlichtgewitter und elektrischem Blitzgewitter auch das Glühen der Gase im Nordlicht auf elektrische Prozesse zurückführt, ohne deshalb — bei dem innigen Zusammenhang von Elektricität und Magnetismus — den Thatsachen irgend welche Gewalt anzuthun. Der Beweis ist erbracht worden, daß Gase schon bei außerordentlich geringer Temperatur sich ver-

mittelst durchgehender Elektricität leuchtend machen lassen, — in Geißler'schen Röhren erzielte Koch schon ein Aufleuchten bei 80° C. unter 0. Damit ist der Einwurf der kalten und doch leuchtenden Polarlicht-Gase hinfällig! Zum Überfluß ist aber nun auch noch in neuerer Zeit merkbar geworden, daß ein Zusammenhang besteht nicht nur zwischen Magnetstörungen und Polarlichtern, sondern auch zwischen Nordlichtern und den wechselnden elektrischen Strömen, die die Erde durchziehen. Selbständige elektrische Strömungen fehlen in der Erde zu keiner Zeit, — steigern sich aber bisweilen hochgradig, wie das seit Einführung unserer Telegraphen deutlicher, als den betreffenden Beamten lieb war, merkbar geworden ist. Ohne unser Wollen setzen sie gelegentlich die Apparate in Gang und verwirren die menschliche Arbeit. 1859 war in Europa wie in Amerika in allen Telegraphenbureaus der Teufel los, Gegenströme von 100 Elementen reichten nicht zur Bewältigung des unfreiwilligen Funktionierens der Galvanometer aus, und aus den Apparaten brachen wahre Feuerströme hervor. Das Jahr war ein Nordlichtjahr!

Es liegt, wie gesagt, nicht in meiner Absicht, hier weiter das engere Nordlichtproblem zu verfolgen, die Andeutung mag genügen, welche umfangreiche Bilderkette sich abermals anschließt, wenn wir auch noch das Polarlicht in Verbindung mit der Sonnenfleckenperiode bringen. Wem das minutiöse Studium der leise erzitternden Magnetnadel noch nicht Wucht genug besitzt, um ihm die volle Empfindung für das eminente kosmische Ereignis, das in jenen gleichen Perioden entferntester Dinge liegt, zu erwecken, der wird angesichts eines solchen Riesenphänomens, wie es das Polarlicht bietet, den rechten Maßstab sicherlich finden. Wir hatten uns, wie dem Leser erinnerlich sein wird, den Beziehungen zwischen Sonnenflecken und irdischen Vorgängen wesentlich deshalb zugewendet, um eine Vorstellung davon zu gewinnen, wie verhältnismäßig eng eigentlich noch alle bisher versuchten Erklärungen der Natur der Sonnenflecke blieben. Ganz unzweideutig sind die periodisch wiederkehrenden Sonnenflecke Äußerungen (es liegt bis jetzt keinerlei Grund vor, zu sagen: Ursachen!) eines außerordentlich wichtigen Vorganges in der Sonne und den von ihr abhängigen Planeten, der weit über zufällige lokale Ereignisse in der Photosphäre des Sonnenballs hinauswächst. Schwerer zu erklären, wie sie jetzt ist, wird die Sonnenfleckenerscheinung in dieser Beleuchtung doch sehr viel interessanter grade für die Entwickelungsgeschichte. Vergegenwärtigen wir uns kurz ein paar Resultate, die uns die lange vorausgehende Untersuchung schließlich doch geliefert hat, obwohl der Leser vielleicht bisweilen geglaubt hat, vom Hundertsten ins Tausendste geführt, jeden Faden zu verlieren. Wir beobachteten einen gelben Stern vom zweiten Typus. Wir sahen ihn umgeben von einer weiten, nebeligen Atmosphäre. Wir sahen bis in hohe Schichten dieser Atmosphäre aufspritzend gelegentliche Eruptionen glühender

Gase. Wir sahen Flecken dunkeln in der glänzenden Oberfläche, — Flecken, von denen sehr wahrscheinlich war, daß sie mit Abkühlungsprozessen zusammenhingen und gewissermaßen Stellen des Sonnenkörpers darstellten, wo dieser dem dritten Sterntypus, der durch das Auftreten chemischer Verbindungen gekennzeichnet wird, näher kommt. Wir sahen endlich ein periodisches Anwachsen und Schwinden dieser Flecke und stellten fest, daß diese Periode ihren Nachhall findet bis herüber zu der 20 Millionen Meilen weit entfernten Erde.

Halten wir diese weitesten Resultate nun neben die früheren aus dem Fixsternbereich überhaupt.

Ist es nicht, als wenn die Sonne im Kleinen ein Paradigma, ein Grundbeispiel, für alle die Wunder liefere, denen wir dort begegnet sind? Denken wir uns ihre Atmosphäre noch mehr erweitert, so würde dem fernen Beobachter, wenn nicht gar das Bild eines planetarischen Nebels, so doch sicher das jenes Sternes in der Cassiopeja, der die Wasserstofflinien und die Heliumlinie hell zeigt (vergl. S. 376), erscheinen. Denken wir uns die Wasserstoffmassen der sogenannten Chromosphäre beträchtlich verstärkt, so erhielten wir den echten Typus Eins (vergl. S. 378). Denken wir uns die aufwogenden Protuberanzen durch irgend eine Ursache jäh ins ganz Riesige herausgereckt, so müßte das Bild eines jener „neuen“ Sterne, die ihr plötzlich verstärktes Leuchten einer enormen Wasserstoffentwickelung verdanken, entstehen (vergl. S. 383). Denken wir uns aber endlich die Sonnenfleckenperiode zu einem heftigeren Maximum gesteigert, zu einem Maximum, bei dem sich die ganze oder fast die ganze Scheibe mit bräunlichen Flecken überzieht, um erst einige Zeit später wieder hell zu werden, — so hätten wir vollkommen vor uns, was so viele der „Veränderlichen“, die vom gelben zum roten Typus schwanken, sichtbar aufweisen: einen streng periodischen Helligkeitswechsel. Verengte sich die Periode, — drängten sich also die Fleckenmaxima stets näher zusammen, so könnte schließlich der Fleckenzustand chronisch werden und der Übergang zum konstanten dritten Typus wäre vollzogen, bis eines Tages — bei nun auch steigernder Intensität der Flecken selbst — die Sonne für den Beobachter vollkommen erlöschen und in den letzten Typus, — den der dunklen Sterne, — übertreten würde.

Wenn irgend etwas dafür spricht, daß die ganze Fülle der im Fixsternbereich beobachteten Formen und Ereignisse durchaus Stufen und Bewegungen einer einzigen, von hochgradigster Erhitzung zur Abkühlung fortschreitenden Entwickelungskette darstelle, so ist es diese fast aufdringliche Möglichkeit, alle jene Kettenglieder sich durch einfache Steigerung oder Minderung der noch heute auf der Sonne sichtbaren Dinge und Vorgänge erzeugt zu denken. Verschwiegen werden darf darum natürlich nicht, daß das „Wie“ dieser Entwickelung im einzelnen vorerst auch so noch arg im

Dunkeln liegt. Wenn wir die Sonnenflecke als Erkaltungssymptome und die roten Sterne als erkaltetere Sonnen ansprechen, so ist damit nicht erklärt, weshalb jene strengen Perioden von Plus und Minus innerhalb der allgemein absteigenden Linie sich geltend machen und warum gerade die Fleckenperiode zu einer magnetisch-elektrischen Steigerungsperiode wird oder umgekehrt. Es starrt da von Fragen wie eine unbezwingliche Phalanx uns entgegen. Aber das unvergleichlich wertvolle, was gerade die Sonne giebt, ist denn doch, daß wir eine solche periodische Erscheinung, die bei den veränderlichen Sternen am übrigen Fixsternhimmel uns auf lange ganz fremdartig selbst in ihren gröbsten Details bleiben müßte, in der Sonnenflecken-, Magnetnadel-, Nordlicht- und Erdstromperiode ungemein viel besser studieren können. Nur in der Zukunft dieses Studiums schlummert die endliche Erklärung, falls eine solche für irdische Beobachtung überhaupt möglich sein wird. Und auch das ist unvergleichlich wichtig, daß grade ein Fingerzeig nach den magnetisch-elektrischen Vorgängen hinüber uns gegeben wird, den das einfache Wort „Erkalten“ noch nicht allein hätte liefern können.

Ein letztes Problem möge, kurz erörtert, den Schluß dieses langen Kapitels bilden. Es betrifft die Verteilung der verschiedenen Sterntypen in unserer Fixsternwelt. Wenn diese Sternenwelt im ganzen sich so ähnlich bleibt, daß ein einziger Körper wie unsere Sonne fast alles, was anderswo auftritt, teils als Ansatz, teils als Rudiment in sich schließen darf, so kann man der einen Frage nicht gut aus dem Wege gehen, warum die Verteilung und Zahl der einzelnen Sterntypen eine so eigentümliche sei. Abgesehen davon, daß einzelne Sterngruppen, z. B. das liebliche Bild der Plejaden, fast ganz aus Sternen von bestimmtem Typus bestehen, ergiebt die allgemeine Statistik der Typen am ganzen Himmel ein immerhin sehr eigenartiges Resultat. Von 4051 Sternen bis zur $7^1/_2$ Größe herab, die in Potsdam spektroskopisch untersucht worden sind, verteilt sich die Zahl (mit Ausschluß einer Anzahl zweifelhafter Fälle) so, daß auf die Hauptgruppe der ersten Klasse 2165 und die der zweiten 1240, auf die erste Gruppe der dritten aber (Secchi's dritter Typus) nur 288 und die zweite (Secchi's vierter Typus) nur mehr 9 Sterne kommen. Im Sinne der Abkühlungstheorie heißt das: mit zunehmendem Abkühlungsstadium wird die Zahl der bekannten Sterne immer geringer. Ich habe oben, in der allgemeinen Einleitung dieses zweiten Buches (S. 239 ff.), gelegentlich darauf hingewiesen, daß die nächstliegende Erklärung für ein gleichzeitiges Bestehen verschiedener Entwickelungsphasen im All trotz eventuellen gleichen Anfangs am einfachsten sich stets erklären ließe Hand in Hand mit verschiedenen Massenverhältnissen. In einer Zeit, da die riesige Sonne erst vielleicht zur ersten Erkaltungsspur in ihren periodischen Flecken gekommen, ist die kleine Erde hart und kalt geworden. Wenn also im All

draußen Sonnen schweben, die heute noch auf früherem Stadium als selbst unsere Sonne stehen, so dürfte das am einfachsten sich darauf zurückführen, daß eben dort die Masse von Beginn an noch größer gewesen sei. Es ist aber jedenfalls nützlich, sich auch den Blick dafür offen zu halten, daß genaue Massenbestimmungen der Fixsterne in Zukunft thatsächlich noch einmal in Gegensatz wenigstens zu der letzteren Verallgemeinerung treten könnten. Wenn man sehr skeptisch die oben mitgeteilten Zahlen anschauen wollte, so ließe sich schon rein theoretisch der Einwand erheben, daß es eine bedenkliche Sache sei, von 4000 Sternen über die Hälfte für Kolosse weit jenseits der Sonnenmasse erklären zu müssen, während doch bei regelloser Ausstreuung eine Ballung der Mehrzahl zu mittleren Massen viel wahrscheinlicher sein sollte. Im allgemeinen besagen ja solche theoretischen Einwände nicht viel, da wir, wie im vorigen Kapitel genügend deutlich geworden sein wird, von den Gesetzen jener anfänglichen Ballung und Massenverteilung selbst wieder verzweifelt wenig wissen. Aber das Argument aus der Thatsachenwelt läßt sich wenigstens hören, daß bei Doppelsternpaaren derselben Farbe ungefähr gleiche Größe zu erwarten wäre, und daß bei verschiedenen Farben der weiße Bruder vom ersten Typus allemal größer sein sollte als der mitkreisende gelbe oder rote, was positiv nicht immer der Fall ist. Scheiner vom astrophysischen Observatorium zu Potsdam denkt sich als Ursache der gegenwärtigen Verschiedenheit der Entwickelungsphasen unter Verwerfung der einfachen Massenungleichheit folgendes. „Wenn das uns sichtbare Sternsystem thatsächlich in der Unendlichkeit des Weltalls eine Insel ist, so kann dieselbe, unbeschadet der zeitlichen Unendlichkeit des Weltalls, doch für sich einen Entwickelungsanfang haben. Dieser Anfang braucht aber durchaus nicht in der Weise erfolgt zu sein, daß nahe gleichzeitig alle Sterne in den Zustand gelangt sind, bei welchem der Begriff eines Sternes überhaupt anfängt, sondern die Dauer des Anfangs kann von derselben Ordnung sein, wie etwa die Dauer des Entwickelungsganges eines Sternes. Während dieser Zeit, und es ist kein Grund vorhanden, weshalb wir uns nicht noch in derselben befinden sollten, findet ein Entstehen und Vergehen statt, alle Zwischenstufen zwischen beiden sind vorhanden, und das absolute Alter der Sterne ist nach dem Zufall verteilt. Da dies mit der Masse der Sterne ebenfalls der Fall ist, so ist auch das relative Alter nach dem Zufalle verteilt, und man müßte demnach alle Spektralklassen gleich häufig antreffen, wenn die Dauer des Verweilens innerhalb derselben für alle Klassen die gleiche wäre. Dies ist aber entschieden nicht der Fall, sondern die Dauer desjenigen Zustandes, in welchem das Gestirn noch wesentlich verdichtungsfähig ist, muß die längere sein, weil durch diesen Prozeß ein Ersatz der durch Ausstrahlung verloren gegangenen Wärme und damit ein längeres Erhalten höherer Temperaturgrade stattfindet. Die größte Fähigkeit der Verdichtung besitzen aber natur-

gemäß die am wenigsten verdichteten Sterne, also diejenigen der Klasse I, dann folgen diejenigen der Klasse II und schließlich diejenigen der Klasse III. Diese Annahme erklärt ungezwungen das Verhalten der einzelnen Typen, ja man könnte vielleicht umgekehrt aus diesem Verhalten auf die relative Dauer des Verweilens in den Spektralklassen schließen und würde hierbei zu dem Resultate gelangen, daß ein Stern doppelt so lange im Zustande I bleibt als im Zustande II, und in diesem wiederum viermal so lange als in III. Auch bei dieser Beobachtung folgt natürlich der Schluß, daß es dunkle Sterne geben wird; ihre Anzahl hängt dann davon ab, wie weit der erste Anfang der Sternbildung in unserem Sternsystem zurückzudatieren ist, ausgedrückt in der mittleren Zeitdauer einer Sternentwickelung."

In solchen und ähnlichen Gedankengängen liegt nichts, was die allgemeinen Züge einer Entwickelungsgeschichte vom Nebelstern bis zur verlöschenden Sonne ernstlich stören könnte, und der Hinweis mag genügen, um auch hier das Dogma mit seinen gefährlichen Folgen auszuschließen.

Der Kreis unserer Untersuchung hat sich im vorausgehenden bereits stark verengt. Vom Nebelfleck sind wir zur Sonne niedergestiegen. Und schon griff die Sonne grade mit ihrem entwickelungsgeschichtlich wahrscheinlich wertvollsten Moment geheimnisvoll über zur Erde, erregte Lichter um unsere magnetischen Pole, trieb ihr Spiel mit unseren Telegraphendrähten und bebte leise nach in den winzigen Regungen der kraftumflossenen Kompaßnadel. Unser letztes Bild war dann ein düsterroter Stern, den gehäufte Fleckenbildung immer mehr verfinstert, bis endlich jede in die Weite reichende Lichtäußerung aufhört. Das betrifft die Sonne erst für eine schwer berechenbare Zukunft. Aber zum Bilde der Vergangenheit wird es wahrscheinlich für die kleinen Trabanten dieser Sonne, — vor allem die Erde selbst. Die ebenfalls über jenen Zustand hinaus geschrittenen dunklen Massen der Fixsternwelt können wir bloß ahnen und berechnen, aber nicht näher untersuchen. So verengt sich für die Folge, von jenem Punkte ab, der Natur der Objekte nach unser Gebiet noch mehr: es beschränkt sich auf das Planetensystem. Kleiner, wie die Körper werden, werden sie uns doch wegen ihrer Nähe vertrauter und lehrreicher, und das wahre Stoffgebiet erreicht umgekehrt wachsende Fülle und entfernt sich schrittweise von der schwankenden Spekulation.

Die Entwickelungsstufen in unserem Planetensystem.

Aus dem Glutmeer der Sonne, in dem es unablässig von dämonisch wilden, riesenhaften Stürmen tobt — aus der Fixsternwelt, wo ganze Sonnen solcher und noch größerer Art jäh vor uns keimen, blühen und wieder verschwinden „wie Gras der Nacht“ —, aus diesem ganzen Tummelplatz der groben Unrast und der ungebändigtsten Beweglichkeit taucht der Blick, der die Planetenräume aufsucht, scheinbar in ein mildes Friedensreich. Es ist, als spiegele es sich schon dem Auge in der sanften, steten Helle ohne irrlichternden Funkelglanz, der, wenn sie in schöner Entfaltung über uns schweben, von den weißen Scheiben der Venus und des Jupiter oder dem rötlichen Schilde des Mars zu uns herniedersinkt.

Aber dieses Bild ist doch nur ein relatives, von dem Maßstab des Beschauers abhängiges.

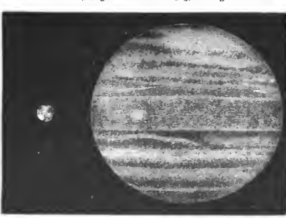
In den freien Planetenraum versetzt, würde ja auch unsere Erde eines jener sanften Lichter sein. Wahrscheinlich rot wie Mars, zöge sie ihre Bahn, streng begleitet von dem winzigen Silberpünktchen ihres einzigen Mondes. Von dieser Erde aber wissen wir, wie wenig Ruhe sie birgt. Schon bei geringer Annäherung würden wir sie umgürtet sehen mit den zuckenden Kronen ihrer Polarlichter, wir würden ihre Atmosphäre, je nach der Sonnen- oder nach der Schattenseite, durchwogt sehen entweder von treibenden Wolkenmassen, in deren Riß bläuliche Meere, rötliche Länder und der Eisblick der Pole auftauchten, oder durchglüht von den Feuerstreifen ansausender und durch die Reibung an der obersten Dunsthülle entzündeter Meteore. Noch näher und bei etwas längerem Verweilen fiele mit dem Geschwindschritt einer Wandeldekoration ins Auge das periodische Auf- und Abfluten der großen Meeresbecken im Banne der Mondanziehung; die den Jahreszeiten entsprechende Verhüllung weiter Gebiete in den gemäßigten Zonen durch eine weiße Schneedecke oder ihre Belebung durch lichtes Laubgrün und die Blumenpracht der Steppe, die wieder im Herbst einem rötlichen Welkungsschimmer Platz machte. Verfinsternd zöge dazwischen vielleicht einmal die riesige, von Strömungen des Luftkreises zu langer Fahne fortgerissene schwarze Aschenwolke einer großen vulkanischen Explosion, wie der des Krakatau vom August 1883, weite Strecken der bunten Kugel entlang. Wieder einen Schritt näher, und das Gewimmel des tierischen Lebens begönne: von dem noch fast pflanzenhaften Öffnen und Schließen der kleinen Fangarme und Freßwerkzeuge an einem lebenden Korallenriff oder dem stillen Zug schillernder Medusen im Meeresblau bis zu dem tosenden Lärm einer nordischen Vogelinsel, dem rastlosen Gewimmel eines Ameisenhaufens und endlich dem ungeheuren, alles andere weit überflügelnden Schauspiel einer menschlichen Großstadt. Aber noch ist das Reich der Bewegungen

dem tiefer mit dem Auge des Geistes Schauenden lange nicht erschöpft. In wilder Jagd kreist das rote Blut durch den Organismus des höheren Tieres, zu jeder Handlung auch des kompliziertesten Menschenwillens die Nahrung, die Kraft, heranschaffend. Im scheinbar starren Leibe der Pflanze wogen und steigen die Säfte; der Sproßteil wird vom Licht emporgehoben, der Wurzelteil bohrt sich in der Richtung der Schwere nach der Tiefe zu; Blätter und Blüten öffnen und schließen sich; die Zweige suchen tausenderlei Lagen, und eine „fremdartige und unheimliche Beweglichkeit“ würde sich (wie Sachs sagt) dem Beobachter in Garten, Feld und Wiese offenbaren, wenn er sein Organ für den allgemeinen Eindruck schärfen könnte. Wiederum aber das Erdreich, an dem die Kornähre haftet, auf dem die Menschenstadt sich erhebt, vollführt unablässig ganz bestimmte Bewegungen. Stöße und wellenförmige Bebungserscheinungen lassen allstündlich bald an dieser, bald an jener Stelle die harte Erdrinde vibrieren wie die dampfgepreßte Wand eines Kessels. Erwärmungs- und Erkaltungsprozesse, vom Sonnenstande abhängig, dehnen immerfort die Gesteinsmassen aus und ziehen sie wieder zusammen. Das Wasser nagt sich in die Spalten, der Gletscherfuß furcht und glättet seine harte Unterlage. Unter dem seitlichen Druck geheimnisvoller, langsamer Zusammenpressungen faltet sich im Laufe der Zeiten die härteste Mineralmasse, Gebirge schieben sich empor, weite Ebenen sinken ab und werden vom Meerwasser überspült. Plötzlich vom Druck der lastenden Oberschicht aber bei solcher Verschiebung befreit, ergießen sich heißflüssige Lavaströme aus dem Spalt und künden den enormen Herd nur vorübergehend zum Pausieren gezwungener, latenter Bewegungen in der schauervollen Tiefe des Erdballs. Durch diesen ganzen Ball aber kreisen unbekümmert um seine scheinbare Starrheit die elektrischen Ströme; das Metall der Magnetnadel ordnet sich nach dem Pol und zittert leise mit im Schauer tiefgreifendster kosmischer Ereignisse; und das Pendel, in seiner Schwingungsebene verharrend, bezeugt den Umschwung der ganzen Riesenkugel um ihre Achse.

Schon diese andeutungsweise Aufzählung einiger Hauptgruppen irdischer Beweglichkeit darf genügen als Beweis, daß mit dem Übergang eines glühenden, selbstleuchtenden Weltkörpers in das Stadium des festen oder wenigstens mit einer Rinde bekleideten, dunklen Sterns die Äußerungen intensivster Eigenthätigkeit noch keineswegs im Abgang begriffen sind. Es eröffnen sich ihr neue, höchst merkwürdige Möglichkeiten, — darunter als eigenartigste jedenfalls die des organischen Lebens in seiner uns auf Erden bekannten Form. Und wir dürfen, nach Analogie des einen uns vertrauten Planeten, der Erde, für die Natur der übrigen mehr oder minder erkalteten Glieder unseres Sonnensystems jedenfalls Erwartungen einer immerhin noch sehr bedeutenden Mannigfaltigkeit der physischen Erscheinungen hegen.

Es erhöht den Reiz dieser Untersuchung, daß die Erde keineswegs im Detail die Norm abgeben kann für diese verwandten Glieder. Schon unser Erdmond ist ein so ganz individuell ausgebildeter Geselle, daß die beständige Vergleichung bloß mit Irdischem zu gar keinem Ziele führt. Saturn mit seinen Ringen weicht in der äußeren Gestalt weiter von der Erde ab als irgend ein Fixstern von der Sonne. Von den Kometen mag einstweilen in diesem Zusammenhang ganz abgesehen werden, sonst verlöre sich die Formenlehre des Planetensystems vollends ins regellos Phantastische. Aber es bleibt auch ohne sie noch des grob Unterscheidbaren die Fülle.

Wie es weiße, gelbe und rote Fixsterne giebt, so haben wir einen auch dem Laienauge unzweideutig roten Planeten im Mars, düsterrot etwa wie abglühendes Eisen; bei engerem Studium unterscheidet das bewaffnete Auge auf ihm ein sehr detailliertes Muster: weiße Polflecke, zahlreiche hellere, gelbrote Stellen und eine Anzahl dunklere, mehr blaugrüne. Daneben steht das intensive Weiß der Venus. Jupiter ist ebenfalls für das bloße Auge weiß, im Teleskop zeigt er zwei konstante braunrote Streifen, graue Linien aller Art und zeitweilig schwarze bis intensiv rosarote Flecken. Uranus und Neptun sind mehr grünlich, fast wie planetarische Nebel.



Der Planet Jupiter in seinem Größenverhältnis zur Erde.
Der Durchmesser des Jupiter übertrifft den der Erde ungefähr elfmal.

Eine andere, äußerst auffällige Differenz der Planeten untereinander, die schon seit langer Zeit das Interesse erregt hat, ist das eigentümliche Verhältnis der Masse zum Umfang bei den verschiedenen planetarischen Körpern. Zunächst lassen da die einfachen Größenziffern einen außerordentlichen Spielraum. Unsere Erde hat im Mittel einen Durchmesser von 1716 Meilen, Merkur ist nur wenig mehr als ein Drittel so groß. Von den Planetoiden zwischen Mars und Jupiter glaubt man, daß ihre Durchmesser zum Teil nur noch fünf bis sechs Meilen betragen, man könnte

also an dreihundert solcher kleinsten zusammenbacken, um erst bei der Erde anzulangen. Dem gegenüber steht aber der Koloß Jupiter allein mit achtzehntausendfünfhundert Meilen, was also fast das Elffache wieder der Erde giebt.

Lassen solche reinen Größenunterschiede im Sinne der bisher als Faden benutzten Abkühlungstheorie bereits auf recht verschiedene Phasen schließen, so wird eine durchgreifende, in irgend einem physischen Sachverhalt begründete Differenz vollends klar vor dem eigentümlichen Verhältnis der Massen zu diesen räumlichen Größen. Masse und Raumumfang können, wie jede leichte Erbse neben einer genau gleich großen schweren Flintenkugel beweist, außerordentlich differieren. Unsere Erde, klein wie sie mit ihren 1716 Meilen Durchmesser nur ist, besitzt doch ein ganz ordentliches Gewicht, aus dem man auf die Existenz beträchtlicher schwerer Metallmassen im unbekannten Innern schließen will. Sie wiegt über fünfmal so viel, wie eine gleich große Kugel aus Wasser wiegen würde. Berechnet man aber aus den gegenseitigen Störungen, die die Planeten aufeinander, auf ihre Monde und auf die vorbeiziehenden, leicht lenkbaren Kometen ausüben, die Schwere der anderen Sonnentrabanten, so ergeben sich Werte, die keineswegs im einfachen Verhältnis der Zu- und Abnahme der Umfangziffer gegenüber diesem Erdmaß sich verändern. Vor allem sind es die größten Körper des Systems — Jupiter und Saturn —, die unverhältnismäßig viel leichter sind als sie bei gleicher stofflicher Zusammensetzung wie die Erde sein müßten. Der mittlere Durchmesser Jupiters beträgt 18500 Meilen gegen 1716 bei der Erde. Dennoch wiegt Jupiter nur wenig mehr als eine Kugel Wasser von 18500 Meilen Durchmesser wiegen würde, während die Erde fünfmal schwerer ist als eine entsprechende Wasserkugel von 1716 Meilen Durchmesser. Saturn ist sogar leichter, seine Schwere entspricht etwa der von Tannenholz. Wir werden sehen, was man zur Erklärung dieser seltsamen Thatsachen annimmt. Jedenfalls aber bleibt die Differenz eine grelle.

Einen tiefgreifenden Unterschied der äußersten Planeten — Uranus und Neptun — gegenüber besonders den inneren scheint neuerdings endlich auch noch die Spektralanalyse aufzuhellen. Es darf auf den ersten Blick wunderbar erscheinen, daß die Spektralanalyse hier, wo es sich im allgemeinen doch um dunkle, bloß von der Sonne aus beleuchtete Körper handelt, noch irgend etwas Neues aussagen soll. Da der Planet nur Sonnenlicht reflektiert, sollte zu erwarten sein, daß sein Spektrum allemal auch nur — in größerer oder minderer Deutlichkeit — das echte, von den bekannten Fraunhofer'schen Linien durchzogene Sonnenspektrum sei. Dennoch erzeugen entsprechend den Erscheinungen, die wir schon beim Durchgang des Sonnenlichtes durch unsere irdische Atmosphäre wahrnehmen, die Atmosphären (Lufthüllen) der verschiedenen Planeten unter

Umständen Trübungen und Absorptionslinien individueller Art in diesem reflektierten Sonnenspektrum. Je dicker die Atmosphäre, desto auffälliger werden sie, zumal da das zu uns herüber reflektierte Sonnenlicht die Planetenatmosphäre ja zweimal passieren muß. Und es lassen sich, — wenn auch zunächst nicht über die eigentliche Oberfläche des betreffenden Planeten, so doch über seine äußere Lufthülle — gewisse Resultate erlangen auf Grund jener Absorptionen. Vogel hat 1874 die erste, noch jetzt grundlegende Arbeit darüber in seinen „Untersuchungen über die Spektra der Planeten" geliefert. Dabei fällt der Umstand als wichtigster in die Augen, daß, so ähnlich die Atmosphäre der inneren Planeten der irdischen ist, doch schon von Jupiter an ein durchaus geheimnisvoller Absorptionsstreifen sich in das Sonnenspektrum mischt. Bei Uranus und Neptun aber deutet das Spektrum ziemlich unzweideutig auf beträchtliche Mengen eines uns völlig fremden Stoffes in der Dunsthülle dieser fernsten Sonnentrabanten, — wobei wir uns erinnern mögen, daß auch die Sonne in ihrem Helium und Coronium seltsame elementarische Gäste beherbergt, die auf der Erde entweder fehlen oder doch noch nicht aufgefunden sind. Wenn die Kant-Laplace'sche Theorie recht haben sollte für unser Planetensystem, so stände der Hypothese nichts im Wege, daß in jenen äußersten Planeten (als den ältesten Ballungsprodukten der äußeren Äquatorialteile der riesigen Sonnenatmosphäre einer verschollenen Urzeit) sich gerade gasförmige Stoffe von besonderer, später für die anderen Planeten nicht mehr disponibler Art konserviert haben könnten, womit man denn allerdings wieder in die offene See der Spekulation, die sich auf Spekulationen stützt, hinausgetrieben ist.

Je mehr Unterschiede in der Planetenwelt — und die Musterkarte ließe sich noch weit vermehren — desto mehr Aussicht, wiederum einmal, ganz wie bei den Fixsternen, verschiedenen Entwickelungsstufen rein empirisch und ohne Hypothesenunterbau auf die Spur zu kommen. Sehr viel deutlicher sogar noch als im Fixsternbereich erscheint hier auf den ersten Blick die Anlehnung der Entwickelungsskala an die einfache Größenskala. Die größten Planeten — Jupiter und Saturn — gleichen sich, abgesehen von dem Ring des letzteren, so sehr, daß durchaus der Eindruck einer ähnlichen Entwickelungsphase entsteht. Erde und Mars, beide zur Gruppe der kleineren Planeten gehörig, haben wiederum die äußerste Verwandtschaft miteinander. Erde und Mond, durch eine Größendifferenz von beinahe 1 : 4 getrennt, sind dagegen schon wesentlich verschieden. Stützen wir uns also getrost wieder zur allgemeinsten Reihung auf unser altes Hilfsprinzip. Dann hätten wir die früheste Stufe bei Jupiter. Das Stadium des Jupiter wäre die erste näher verfolgbare Etappe nach Erlöschen eines Fixsterns: ein Zukunftsbild zugleich unserer Sonne und ein Vergangenheitsbild wahrscheinlich unserer Erde.

Seit Galilei und Simon Marius um 1610 die vier Trabanten des Jupiter entdeckt,*) ward die Forschung mit Eifer um diesen König in der Planetenwelt. Das Auge der Astronomen bohrte sich in seine blendende Helle (in Rosse's Leviathan erschien er mit dem Glanz einer Wagenlaterne), um aus Form und Oberflächenbildung Aufschluß zu gewinnen über seine physische Natur. **Zucchius**, der Hofprediger Papst Alexanders VII. gewahrte 1630 zwei dunklere Parallelstreifen in der Nähe des Äquators. 1665 stellte **Cassini** nach den Wandlungen eines auf der Fläche anscheinend konstanten Flecks die Rotation um die Achse zu nicht ganz zehn Stunden Dauer fest (eine rasende Geschwindigkeit!) und beobachtete die schon bei vierzigfacher Vergrößerung deutlich wahrnehmbare, ein volles Fünfzehntel des Äquatorialdurchmessers betragende Abplattung an den Polen. Glücklicher als bei irgend einem anderen Planeten gestalteten sich hier die Beobachtermöglichkeiten. Monatelang bleibt Jupiter dem Auge hintereinander zugänglich, und trotz der enormen Entfernung von der Erde erreicht er zur Zeit seiner relativ größten Annäherung eine Helligkeit, die beleuchtete Gegegenstände Schatten werfen läßt. So ist es kein Wunder, daß wir heute, mit den Riesenmitteln unserer teleskopischen Technik, ein verhältnismäßig anschauliches Bild von der Gestaltung seiner Oberfläche besitzen, das eine gute Karte ergeben müßte, wäre nur nicht ein so intensives Leben in dieser sichtbaren Oberfläche selbst, das unablässig die Konturen verschiebt und endlich zu der kaum noch widerlegbaren Annahme geführt hat, daß das, was wir Oberfläche nennen, nichts anderes sei als in Wahrheit ein **kolossaler Dunstmantel**, eine wogende, sturmbewegte, bald von der wilden Rotation in langen Streifen mitgerissene, bald durch emporwallende Eigenströmungen veränderte Atmosphäre, unter der — uns unsichtbar — der **kleinere feste Kern** des eigentlichen Planeten sich birgt.

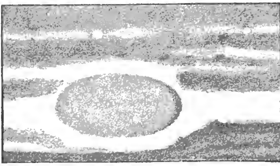
*) Seitdem die ersten Bogen dieses Bandes in Druck gingen, ist bei Erwahnung der **Vierzahl der Jupitertrabanten** bereits ein Nachtrag nötig: am 9. September 1892 ist von Barnard im Riesenrefraktor der Lick-Sternwarte ein **fünfter Mond** des Jupiter entdeckt worden. Zu einer Stunde, wo solche Instrumente wie das auf Mount Hamilton ihre erste Razzia am Himmel machen, muß man eben auf Schritt und Tritt der Gefahr des „Verattens“ resolut ins Auge sehen: das Veralten vor neuen **Thatsachen** enthält ja niemals etwas Drückendes für den, der im Fortschritt sich freut und für den Fortschritt zu arbeiten sich bewußt bleibt. Der neue Trabant, naher dem Hauptplaneten als die andern, seit nun fast drei Jahrhunderten bekannten vier, wurde in dem prachtvollen Fernrohr sichtbar, als man die glanzvolle Scheibe des Jupiters künstlich abblendete. Das Lichtpünktchen, das sich zeigte, war auch dann noch äußerst lichtschwach. Nur 24200 Meilen vom Jupitercentrum, 14600 von der Oberfläche entfernt, bewegt sich der neue Mond (ein Name ist ihm bis jetzt nicht verliehen) mit einer Geschwindigkeit von 3½ Meilen in der Sekunde, — also fast mit dem Eiltempo, das die Erde um die Sonne anschlägt; in einem halben Erdentage saust er einmal ganz um den Jupiter herum.

In einem großen Fernrohr, wie dem 36zölligen Refraktor der Lick-Sternwarte (bei einer Vergrößerung von 320 und mehr) gewährt die Jupiterscheibe einen überaus prachtvollen Anblick. Als konstanteste Bildung zeigen sich dabei zwei dunklere, rötliche Streifen zu beiden Seiten des Äquators, die eine helle Zone, den eigentlichen Äquatorialgürtel, einschließen. (Vergl. die Abbildungen.) 1889, bei den sorgsamen Aufnahmen der Lick-Sternwarte, war (nach James E. Keelers Bericht und schönen Zeichnungen) die Mitte der Äquatorialzone durch ein lachsfarbenes Band ausgezeichnet, die Ränder bildeten glänzend weiße, wolkenartige Massen. „Das mittlere Band war gewöhnlich an mehreren Stellen durch eine Verbreiterung der weißen Wolken, die von einem Rande zum anderen reichten, unterbrochen, wiewohl diese Kreuzungsstellen gewöhnlich mehr oder weniger gefärbt erschienen, so daß sie nur eine Schwächung in der Farbe des mittleren Bandes erzeugten. Bisweilen brachte eine abwechselnde Folge von dunklerer und hellerer Schattierung des mittleren Bandes den Eindruck von regelmäßigen Feldern in dem Äquatorialgürtel hervor, welcher bei schwachen Vergrößerungen und kleineren Instrumenten mehr hervortrat. Manchmal bedeckte eine rötliche Färbung einen großen Teil des Äquatorialgürtels in seiner ganzen Breite, die sich jedoch deutlich von dem lachsfarbenen Bande abhob und etwa den Ton der helleren Partien der roten Streifen hatte. Diese Tönung schien von dem Übergreifen des mittleren Bandes auf die weißen Ränder des Äquatorialgürtels vollkommen getrennt zu sein, was ebenfalls öfter bemerkt wurde.“ Als merkwürdigstes Objekt aber erwies sich die Art, wie sich die weißen Massen an den Seiten des Äquatorialgürtels als lange Lichtfasern in die angrenzenden roten Streifen hineinzogen. Von diesen Streifen war der nördliche am intensivsten rot, der südliche mehr purpurn. Überall aber bohrten die weißen Ausläufer der Mittelzone sich tief in diese Farbenbande ein. „Nahe an der Verbindung mit dem Äquatorialgürtel waren diese Fäden weiß und scharf begrenzt; in ihrem weiteren Verlaufe aber wurden sie rötlicher und mehr verwaschen, bis sie sich ganz in dem allgemeinen Rot ihres Hintergrundes verloren. Wenn die Bilder besonders gut waren, sah man, daß diese Fäden nahe am Äquatorialgürtel aus unregelmäßigen, rundlichen oder gefiederten Wolken bestanden, die weiterhin immer lichtschwächer wurden, bis keine Struktur mehr erkennbar war. Waren diese Fäden lang, so waren sie unveränderlich stets nach dem nachfolgenden Rand der Jupiterscheibe gerichtet, und nach allen Beobachtungen zu schließen, stellten sie Wolkenmassen dar, welche, von den Rändern der Äquatorialzone nach außen strömend, allmählich hinter dem voraneilenden Strom der Äquatorialzone zurückblieben. Wenn dies die wahre Natur der langen Wolkenfäden auf den roten Streifen ist, so folgt daraus, daß von der Äquatorialzone ein Abströmen nach außen stattfinden muß, und in einigen Fällen konnte ein solcher Strom auch durch

Beobachtung erhöhter Punkte oder Knoten auf den Fäden konstatiert werden. Die Austrittstellen der Fäden zeigten im Äquatorialgürtel eine etwas größere Helligkeit als die durchschnittliche und hatten fast stets einen eigentümlich fahlen, olivengrünen Ton, der sonst anderweitig nie wahrgenommen wurde. In den Zeichnungen konnte dies nicht wiedergegeben werden. Ein Teil des Äquatorialgürtels schien eine besondere Neigung zur Aktivität zu besitzen. In seiner Nachbarschaft schienen die Veränderungen am schnellsten vor sich zu gehen, und einige Fäden sind sichtbar, welche entgegen der gewöhnlichen Richtung verlaufen. Nehmen wir die oben geäußerte Vermutung über die Natur der Fäden als richtig an, so dürfen wir sie als Wolkengebilde ansehen, welche in der Rotationsrichtung herausgeschleudert werden mit einer Geschwindigkeit, die groß genug ist, um auf kurze Zeit der allgemeinen Strömung des Äquatorialgürtels voranzueilen. In allen Fällen war die Erscheinung der roten Streifen die eines passiven Mediums, in welchem sich die Bildung der Fäden und anderer Formen, welche die Zeichnungen aufweisen, abspielt. Die geschilderten Phänomene könnten experimentell völlig naturgetreu dargestellt werden durch Fäden einer weißen wolkigen Masse, die in einer halbdurchsichtigen rötlichen Flüssigkeit schwimmen und bisweilen untertauchen oder an die Oberfläche steigen. Vielleicht wird sich später finden, daß der wirkliche Sachverhalt diesen Vorstellungen entspricht. Die dunklen Flecke, welche auf den roten Streifen häufig gesehen werden, fanden sich fast immer in dem Raume zwischen zwei Fäden, an der Stelle, wo der eine eine scharfe Kurve machte. Sie hatten dieselbe Farbe wie die Streifen, nur in etwas tieferer Nuance, wie wenn das flüssige Medium bis in größere Tiefen durchschaut werden könnte; sie waren niemals rund, sondern unregelmäßig oder gezackt. In den kleineren Instrumenten erschienen sie weniger charakteristisch. Die äußere Grenze des südlichen Streifens war schärfer und deutlicher begrenzt als die entsprechende des nördlichen, welche gewöhnlich mit rötlichen Trümmern, ähnlich wie die verwaschenen Enden der Fäden, umsäumt war. Der klarste und am dunkelsten gefärbte Teil der roten Streifen, mit Ausnahme der erwähnten Flecken, war die große Bucht hinter dem „roten Fleck", und in dieser Gegend waren auch die Grenzen sehr scharf und deutlich sichtbar."

Der „rote Fleck", der hier schon mit erwähnt ist, gehört zu den Hauptmerkwürdigkeiten, die der Jupiter in neuerer Zeit geboten hat. Seit August 1878 ließ sich in der Südhemisphäre des Planeten (unsere Bilder, im umkehrenden Fernrohr aufgenommen, verlegen den Ort in die Nordhälfte!) ein kolossales rotes Gebilde sehen, dessen Umfang von einzelnen Astronomen bis zu mehr Quadratmeilen als die gesamte Erdoberfläche besitzt, geschätzt wurde. Gegenwärtig ist der Fleck im Verblassen begriffen. Bei 630facher Vergrößerung bot sich am 5. September 1889 im Lick-Refraktor das Ganze nur mehr in mattem Rosa dar.

„etwas heller in der Mitte, als ob der dunklere Hintergrund der früheren Jahre durch einen weißen Wolkenschleier verhüllt wäre. Sein Umriß war eine ziemlich regelmäßige Ellipse, umsäumt von hellen, weißen Wolken des umgebenden Gürtels, der nachfolgende Teil durch eine dunklere Schattierung etwas kräftiger hervorgehoben. Der weiße Wolkenring war undurchbrochen, aber sehr schmal an dem südlichen vorangehenden Ende, so daß bei nicht besonders günstigen Gesichtsverhältnissen der dort endende graue Gürtel sich mit dem roten Fleck zu vermischen schien, obwohl der Farbenunterschied sehr markiert war, da der Gürtel ein trübes Graugelb, der Fleck deutliches Rosa zeigte.“ Auch der Umfang hat seit 1880 abgenommen. Keeler schätzt auf nicht ganz 30000 km Länge. Von Barnard ist darauf hingewiesen worden, daß schon 1872 an Stelle des späteren roten Flecks ein schwarzer Schatten sichtbar gewesen sei. Solche schwarzen Flecke sind auch früher wiederholt an verschiedenen Stellen der Jupiteroberfläche beobachtet worden.



Der „rote Fleck“ auf dem Planeten Jupiter,
gezeichnet am 5. September 1889 bei 600facher Vergrößerung von J. E. Keeler auf der Lick-Sternwarte.

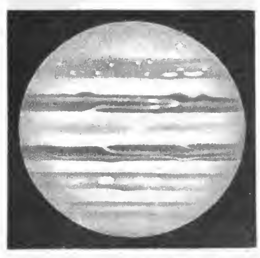
Auch von den Details jenseits der roten Streifen und des geheimnisvollen Flecks, — den Gürteln der Nord- und Südhemisphäre — haben die Astronomen der Lickwarte überaus anschauliche Schilderungen für den Zeitpunkt 1889 geliefert. „Die Gegend der Südhemisphäre vor dem roten Fleck war in gewöhnlicher Weise grau und weiß gestreift. Der erste weiße Streifen grenzte unmittelbar an den südlichen roten Streifen und endete an dem roten Fleck. Er bot einige charakteristische Züge. Das vorangehende Ende war mit dem Äquatorialgürtel verbunden, und dieses Band, welches quer über den südlichen roten Streifen hinwegzog, glich etwa den erwähnten Lichtfäden, doch war es breiter, von festerer Struktur und vollkommen weiß. Die charakteristische Farbe des roten Streifens konnte weit in den Raum hinein verfolgt werden, der ihn von dem nächsten weißen Gürtel im Süden trennte, obwohl die Farbe allmählich an dem hinteren Ende dieses Raumes in Grau überging. Über den eigentlichen Zusammenhang dieses Bandes mit dem Äquatorialgürtel konnte nichts Bestimmtes ermittelt werden.

Hinter dem roten Fleck gingen die beiden weißen Streifen in einen breiten gleichförmig grauen Gürtel über, auf dem zahlreiche weiße Punkte glänzten, die zu den schönsten Objekten auf dem Planeten gehören. Die kleineren waren rund und schienen helle Knoten auf den verschwundenen Enden der genannten weißen Streifen darzustellen. Sie waren von keiner dunkleren Schattierung umgeben. Die Sichtbarkeit und scheinbare Helligkeit derselben hing in hohem Maße von den atmosphärischen Verhältnissen ab. Etwa 150 Längengrade hinter dem großen roten Fleck folgten zwei ovale weiße Flecken (vergl. die Bilder), um welche kleinere runde auffallend symmetrisch gruppiert waren. Weitere 70° entfernt, folgte dieser Gruppe ein großer ovaler Fleck mit einem kleineren runden an jedem Ende. Die Längenangaben sind nur rohe Annäherungen, da sich die Flecken beständig gegen den roten Fleck hin bewegten. Während der ganzen Beobachtungsreihe blieben diese Gruppen erhalten und sind fast auf allen Bildern sichtbar. Ein oder zwei einzelne Flecken folgten der letzten Gruppe (15. und 20. Juli), ihr Hintergrund, der graue Gürtel, verläuft alsdann in die Streifungen, welche dem roten Fleck vorangehen. Ein isolierter weißer Fleck ähnlicher Art zeigt sich in hoher südlicher Breite auf mehreren Zeichnungen. Diese hellen Flecken schienen einen abstoßenden Einfluß auf die weißen Streifen ihrer Nachbarschaft zu haben, welche sich über sie hinweg wölben, wie die Bilder vom 10. und 15. Juli erkennen lassen. Doch vergesse man nicht, daß dies nur der Einfluß der Schwerkraft sein mag, ähnlich wie sich die Nebelstreifen um die Abhänge eines irdischen Berges herumziehen. Die Höhen-



Der Planet Jupiter am 9. Juli 1889 um 9 Uhr 40 Min. abends.
Nach einer Zeichnung von J. Keeler im 36zölligen Refraktor der Lick-Sternwarte, mitgeteilt in der Zeitschrift „Himmel und Erde", Bd. II, Tafel I. Die drei folgenden Bilder auf S. 452, 453, 454 entstammen derselben Quelle und zeigen die Jupiterscheibe in drei verschiedenen Ansichten der nächsten Nächte. Die Bilder stehen dem umkehrenden Fernrohr entsprechend auf dem Kopf, so daß bei diesem und dem auf S. 454 mitgeteilten Bilde der rote Fleck der Südhälfte oben erscheint.

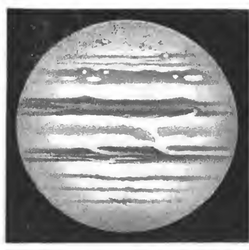
unterschiede der verschiedenen Gebilde sind natürlich nicht bekannt. Nur bei sehr scharfen Bildern konnte dies Sichwegkrümmen der Streifen deutlich gesehen werden. Die Nordhemisphäre des Jupiter war viel ärmer an Detail als die südliche. Sie war abwechselnd mit hellen und dunklen Streifen bedeckt, welche letztere wie Trennungsspalten in den weißen Wolken aussahen, und daher dunkler, weil teilweise beschattet. Doch liegt kein Grund vor, sie in einem niedrigeren Niveau als die hellen Streifen anzunehmen, um so mehr, da ihre dunklere Färbung keinem Schattenwurfe zuzuschreiben ist, weil die Beleuchtung eine vertikale war. Der rötliche Ton des Äquatorialgürtels wurde auch an den ersten dunklen Streifen nördlich und südlich von den roten Streifen wahrgenommen. Die wolkenartige Natur der Jupiteroberfläche trat am auffallendsten in der Reihe der dunklen und hellen Streifen der Nordhemisphäre hervor. In überraschender Ähnlichkeit sieht man eine irdische Kopie davon in dem Wolkenmeer, welches zuweilen durch das Thal westlich vom Mt. Hamilton (die Lick-Warte steht auf Mt. Hamilton, vergl. das Bild S. 273) eindringt, bei hellem Himmel und vollem Sonnenschein weit unterhalb der Höhe der Sternwarte schwebend. Nördlich vom Äquator wurden keine hellen Flecken wie auf der Südhemisphäre gesehen. Dunklere Flecken kamen wohl vor, aber wenn sie auch in den kleineren Instrumenten bestimmte Formen zu besitzen schienen, zeigte sie der 36zöllige Refraktor immer nur als dunklere Wolkenmassen in den Räumen zwischen den hellen Streifen."



Der Planet Jupiter am 10. Juli 1889 um 8 Uhr 45 Min. abends.
Vergl. das Bild S. 451. Man sieht jetzt die andere Hemisphäre ohne den roten Fleck.

Überblickt man diese rein objektiven, aber ungemein plastischen Aufzeichnungen eines scharfen Beobachters vor dem besten Fernrohr der Welt, so kann man es kaum noch als eine Hypothese bezeichnen, daß Jupiter in eine kolossale Wolkenmasse eingehüllt ist, eine permanente wogende Dampfschicht, deren wildes Leben uns nur höchstens indirekt Vorgänge der

wirklichen Planetenoberfläche verrät. Die spektroskopischen Untersuchungen kommen diesem Resultat recht gut entgegen. Sie beweisen zunächst die Existenz von **Wasserdampf** in den sichtbaren Gebilden. Daneben allerdings findet sich, wie schon früher gesagt, im Spektrum ein schwer erklärbares Absorptionsband, das unsere irdische Atmosphäre **nicht** besitzt. „Ob das Auftreten dieses Bandes“ sagt **Vogel** mit großer Vorsicht „durch das Vorhandensein eines besonderen, in unserer Atmosphäre nicht anzutreffenden Stoffes bedingt wird, oder ob nur das Mischungsverhältnis der Gase ein anderes ist als in unserer Atmosphäre, muß vorläufig unentschieden bleiben. Es wäre sogar möglich, daß bei gleichem Mischungsverhältnis und nur anderen Temperatur- und Druckverhältnissen, die ja auf dem Jupiter gegeben sind, das Absorptionsspektrum des Gasgemisches in der Weise verändert werden könnte.“



Der Planet Jupiter am 10. Juli 1889 um 10 Uhr 2 Min. abends.
Vergl. die Bilder S. 451, 452, 454.

Was aber — die Wolkenhülle in riesigstem Umfang zugestanden —, was stellen in ihr die roten Streifen und Flecken dar? Es hat einen gewissen prickelnden Reiz, sich vom Boden der Abkühlungshypothese aus vorzustellen, daß der eigentliche Körper des Jupiter heute noch — seiner Größe entsprechend — eine **schwache Rotglut** besitze, deren Wiederschein sich in jenem Phänomen äußere. **Zöllner** hat aus der **außerordentlichen Stärke des Jupiterlichtes** den bisher nicht widerlegten Schluß gezogen, es möchte außer dem reflektierten Sonnenlicht noch eine zwar geringe, aber doch mit ins Gewicht fallende Menge **eigenen** Lichtes von der weißen Jupiterscheibe ausgehen. Man betrachte die Figur auf S. 455, die die **relative** Größe der erleuchtenden Sonne von den verschiedenen Planeten aus darstellt: der Bewohner des Jupiter (oder sagen wir, um selbst im Bilde nicht zu unwahrscheinliches zu konstruieren: eines Jupitermondes) würde die Sonne sehr, sehr viel kleiner sehen als wir auf der so viel näheren Erde. Trotzdem hat Jupiter eine Lichtstärke, die, aus reiner Rückstrahlungs-

fähigkeit erklärt, diese bei dem Planeten als beinah sechsmal so groß wie bei unserem Monde und nahezu entsprechend der von frischem Schnee voraussetzen ließe. Sollte da nicht ein Rest eigenen Lichtes die Ziffer verrücken? Mit den Hilfsmitteln der Spektralanalyse ist die interessante Zöllner'sche Frage vorläufig nicht zu erledigen gewesen. Diese hat bloß das eine allerdings bemerkenswerte Resultat geliefert, daß die roten Streifen zu beiden Seiten der Äquatorialzone eine beträchtlich stärkere Absorption im Blau und Violett des Spektrums zeigen, — was zunächst den Schluß nahe legt, daß hier in der That tiefer liegende Gegenden sichtbar werden, bei denen das Licht einen größeren Weg hinab und hinauf zurückzulegen hat. In betreff des Selbstleuchtens dieser tiefen Teile ist aber grade mit dieser Annahme direkt noch nichts bewiesen. „Ein solches Leuchten," sagt Scheiner, „kann nur eine Verstärkung des kontinuierlichen Spektrums erzeugen, die nicht von dem kontinuierlichen Spektrum des reflektierten Sonnenlichtes getrennt werden kann, ebenso wenig wie dies bei

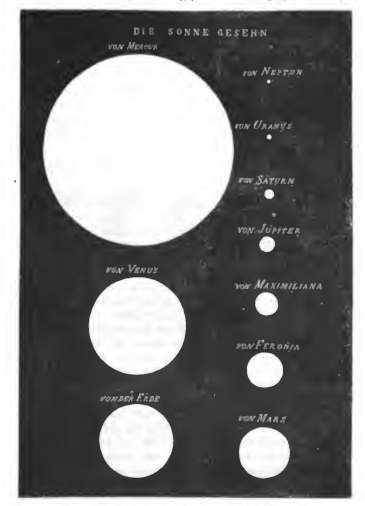


Der Planet Jupiter am 11. Juli 1889 um 12 Uhr 3 Min. nachts. Vergl. das Bild S. 451. Man sieht jetzt wieder die Hemisphäre mit dem roten Fleck.

Albedobestimmungen*) ohne weiteres möglich ist. Da wegen der geringen Helligkeit Jupiters eine Weißglut nicht zu erwerten ist, sondern höchstens eine schwache Rotglut, so müssen die roten und gelben Teile des Spektrums verhältnismäßig stark gegenüber den blauen und violetten erscheinen. Genau dasselbe findet aber auch infolge der allgemeinen Absorption im Blau und Violett durch die Jupiteratmosphäre statt, beide Erscheinungen sind also ebenfalls nicht zu trennen. Auch die rötliche Färbung der als Wolkenlücken erkannten Äquatorialstreifen und des roten Fleckes kann erklärt werden

*) Unter der Albedo (lateinisch = „die Weiße") eines Körpers versteht man seine Fähigkeit, auffallendes Licht stärker oder schwächer zurückzustrahlen. Schnee wirft z. B. 0,783 des auffallenden Lichtes zurück, weißer Sandstein 0,237, weißes Papier 0,7.

sowohl durch vermehrte Absorption infolge des tieferen Eindringens der Sonnenstrahlen, als durch ein Durchschimmern der rotglühenden Oberfläche



Scheinbare Größe der Sonne von den verschiedenen Planeten aus.

In dieser Beziehung ist eine Spektralphotographie des Jupiter von H. Draper von hohem Interesse, und es ist nur zu bedauern, daß dieselbe nicht durch eine zweite Aufnahme bestätigt worden ist. Diese Aufnahme,

27. September 1879, zeigt nämlich, daß der mittlere Teil des Spektrums, dessen Licht von den Äquatorialstreifen herrührt, im Violett eine starke Absorption erlitten hat, daß dagegen im Blau und nach dem Grün zu das kontinuierliche Spektrum der Äquatorialstreifen heller ist als dasjenige der nebenliegenden Oberflächenteile. Diese Erscheinung, falls sie reell und nicht etwa bloß durch eine Zufälligkeit auf der Platte entstanden ist, würde sich am einfachsten dadurch erklären lassen, daß zu dieser Zeit in der Äquatorialgegend von der Jupiterfläche Licht ausgesendet wurde, welches von einem glühenden Körper herrührt, dessen Temperatur entweder nicht genügend war, um violette Strahlen auszusenden, oder dessen violetter Teil durch die allgemeine Absorption aufgehoben wurde, während dies für die weniger brechbaren Teile nicht der Fall war. Ein weiteres Analogon zu diesen Beobachtungen ist nicht bekannt."

Man sieht, daß der Nachweis für das Glühen Jupiters im Moment positiv auf der äußersten Kante steht, — jeder Tag kann eine Entscheidung bringen. Und die Phantasie mag sich, ohne daß den Dingen allzu viel Gewalt angethan wird, jedenfalls das Bild einer Welt ausmalen, die, innerlich im letzten, schwächsten Stadium der Rotglut angelangt, nach außen hin in einen riesigen Dampfmantel sich eingehüllt hat. Ihre Stürme und Flecken sind die letzten Zuckungen des eigentlich feurigen Stadiums. In nicht allzu äonenferner Zeit wird eine feste Rinde wie die dünne, elastische Haut eines erkaltenden Lavastromes sich auf die kleine Centralkugel legen, und ein Teil der Wasserdampfhülle wird sich als warmes Urmeer darauf niederschlagen, womit gleichzeitig eine Aufklärung und Verminderung des dicken atmosphärischen Pelzes eintritt, — das Sonnenlicht dringt mählich immer tiefer zu der wirklichen Planetenoberfläche durch, und es entwickelt sich, obwohl die echte eigene Rotglut jetzt längst und endgiltig entschwunden ist, nach und nach durch das wachsende Verschlucktwerden der violetten und blauen Teile des Sonnenspektrums auf diesem stets verlängerten Wege für den fernen Beschauer eine zunehmende Rötung des gesamten Planeten bis endlich zu dem Grade, den gegenwärtig der Mars zeigt und ähnlich höchst wahrscheinlich auch die Erde für den Beobachter im Weltraume besitzt. Erst wenn dieser Prozeß sich angebahnt, würde eine Möglichkeit organischen Lebens auf der — immerhin selbst nach Schwinden der großen Dampfentwickelung noch mächtig großen — Kugel des Jupiter gegeben sein. Gegenwärtig könnte man höchstens bei den kleinen Monden an Bewohnbarkeit denken. Wie ein niedliches Spielzeug umschwärmen diese Monde, deren größter (zugleich der zweitentfernteste der vier altbekannten) unseren irdischen Mond um fast 300 Meilen an Durchmesser übertrifft, also größer als der Planet Merkur ist, den Centralkoloß. Sehr im Gegensatz zu unserem, fast seines ganzen Luftkleides beraubten Begleiter hat es den Anschein, als besäßen die Jupitertrabanten eigene

Atmosphären. Jedenfalls zeigt die Scheibe des dritten (größten) Mondes bei ihrem Vorübergang vor der hellen Fläche des Hauptgestirns allerlei Andeutungen von Flecken und Verdunkelungen: Länder und Meere vielleicht, vielleicht aber auch nur von regelmäßigen atmosphärischen Strömungen konstant erhaltene Wolkenbildungen. 1855 hat **Secchi** genaue Zeichnungen solcher Gebilde geliefert, aus denen er auf eine Rotation um die Achse schloß, die nicht wie bei unserm Erdmonde zeitlich mit der Umdrehung um den Planeten zusammenfiel: der Mond würde demnach dem Jupiter abwechselnd seine beiden Seiten zukehren, während bei uns der größere Teil der Rückseite unseres Satelliten dem Erdbewohner ewig unsichtbar bleibt. Die neuesten Wiedergaben ähnlicher Schatten auf dem dritten Mond durch Schäberle und Campbell widersprechen aber diesem Secchi'schen Resultat wieder und machen eine durchaus ähnliche einmalige Rotation auf jede Revolution wahrscheinlich. Seltsamerweise hat man auf der Lickwarte auch noch — und diesmal am ersten, innersten der vier von Galilei gefundenen Jupiter-



Flecke auf dem dritten Monde des Planeten Jupiter.
Von Secchi 1855 beobachtet.

monde — geheimnisvolle Formverschiebungen in der Kugelgestalt wahrgenommen: der Mond weist eine im Planetensystem bisheran einzig dastehende, seitlich zusammengedrückte Eiform, deren größte Achse fortwährend nach dem Jupiter weist, während die mittlere auf der Bahn des Mondes senkrecht steht und die kleinste die zu der Bahn parallele ist. Man möchte an starke, die Form verschiebende Wirkungen des nahen Jupiter nach Art unserer irdischen Fluterscheinungen denken. Der Anblick des Jupiter selbst von einem dieser Monde aus muß übrigens ein überwältigend großartiger sein. Wenn auch die Sonne dort schon so sehr viel kleiner strahlt als bei uns, so füllt dafür der weiß und rötlich überwölkte und gestreifte Planet einen Raum so groß wie unser ganzes Sternbild des Orion am Himmel aus.*)

Faßt man die Glieder unseres Sonnensystems wesentlich vom entwickelungsgeschichtlichen Standpunkt auf, so ist mit der möglichst

*) Bei dem neu entdeckten fünften Monde, der so dicht über der Planetenfläche dahineilt, stände der Jupiter gar mit 46½° Ausdehnung am Himmel, reichte also, wenn er auf- oder untergehend mit seinem unteren Rand den Horizont berührte, oben noch bis zur halben Zenithhöhe empor und überträfe die Sonne um das 460—470malige an Größe.

eingehenden Beschreibung des Jupiter ein Typus geschildert, zu dem die übrigen äußeren und in der Größe nahen Planeten — Saturn, Uranus und Neptun — wenig Neues mehr beitragen können.

Für Saturn mag das seltsam klingen. Wir erinnern uns aus dem Kapitel über die Kant-Laplace'sche Hypothese, wie bestimmend für die erste wissenschaftliche Spekulation auf dem Gebiete der Kosmogonie, des „Weltenwerdens", grade die Betrachtung seines grandiosen Ringsystems geworden ist. Aber das darf uns nicht blind dafür machen, daß — verhalte es sich nun mit der Ringbildungshypothese im ganzen, wie es wolle — im engeren Sinne der Ring des Saturn für die streng objektive Betrachtung grade entwickelungsgeschichtlich vorläufig keinen rechten Ansatzpunkt abgiebt. Saturn ist kleiner und noch sonnenferner als Jupiter. Man sollte also füglich erwarten, daß er in der Entwickelung vorgeschrittener sei als dieser. Nun zeigt dieser Jupiter aber bereits eine Stufe, auf der — angenommen, das Abschleudern äquatorialer Ringe, deren Produkte die Monde sind, hat überhaupt stattgefunden — jeder Ansatz zu einer solchen Ringbildung bereits aufgehört zu haben scheint. Wenn daher der kleinere Saturn gleichwohl einen solchen Ring — und sogar, wie es scheint, konstant — zeigt, so liegt hier offenbar etwas Besonderes vor, das aus der Skala der einfachen Entwickelung schlechtweg herausfällt, grade aus der kosmischen Ringbildungstheorie am schwersten zu begreifen ist und, wie heute die Dinge stehen, alle Merkmale eines exceptionellen Falles an sich trägt, vor dem die schablonisierende Versuchspolitik einstweilen sich am besten bescheiden sollte.

Als astronomisches Objekt ist Saturn mit seinem Ring und seinen acht Monden entschieden der Glanzpunkt des gesamten Planetensystems. Aber die eigentliche Planetenkugel erhebt sich in nichts über Jupiter. Auch hier das gleiche Wechselspiel heller und dunkler Flecken, auch hier bandartige Streifen, die sich wie verschwommene Breitengrade parallel zum Äquator um die Kugel ziehen. Die noch über Jupiter hinaus verminderte Dichtigkeit — Saturn wiegt nur mehr ein Zehntel so viel, wie eine gleich große Kugel aus Erdmasse — legt in verstärktem Maße nahe, daß auch hier ein relativ kleiner, dichter Hauptkörper von einer mächtigen Atmosphäre umwogt wird. Wie ähnlich alle Verhältnisse dem Jupiter sind, mag die folgende Zusammenstellung aus Kleins „wissenschaftlicher Anleitung zur Durchmusterung des Himmels" von 1882 zeigen, einem trefflichen Buche, das wesentlich den praktischen Zwecken solcher gewidmet ist, die im Anschluß an das bisher Festgestellte eigene Untersuchungen anstellen wollen. „Die Saturnkugel zeigt mehrere sowohl untereinander, als dem Äquator parallele Streifen, die jedoch schwieriger wahrzunehmen sind als die des Jupiter; auch lassen sie sich fast bis an den Rand der Scheibe verfolgen. Mit starken Instrumenten betrachtet, zeigen sich diese grauen Streifen, deren Anzahl veränderlich ist,

ähnlich dem Cirrusgewölk unserer Atmosphäre. Die deutlichste Streifung zeigt sich in der Nähe des Saturnäquators, und in schwächeren Instrumenten ist bloß dieser Streifen sichtbar. Zu gewissen Zeiten kann man die übrigen Streifen selbst in den mächtigsten Teleskopen kaum wahrnehmen. Schon Cassini erkannte mittels seiner unvollkommenen Campani'schen Fernrohre Streifen auf dem Saturn, und Herschel sah 1780 deren zwei, die dem Ringe durchaus parallel liefen und je nach der Stellung des Saturn aufwärts oder abwärts gebogen erschienen, so daß die Kugelgestalt des Planeten deutlich ins Auge fiel. In diesen Streifen erkannte Herschel einen dunklen Fleck, der seine Lage veränderte, woraus der große Beobachter folgerte, daß sich Saturn in der gleichen Richtung wie Jupiter um seine Achse drehe. Im November 1793 sah Herschel mit einem siebenfüßigen Reflektor und 287maliger Vergrößerung auf der Saturnscheibe drei dunkle und zwei von ihnen umschlossene, schmale, helle Streifen oder auch einen breiten, dunklen Streifen mit zwei hellen Parallelzonen darin. Die Farbe des dunklen Streifens war gelblich. Der Raum zwischen ihm und dem Südpole des Planeten hatte eine blasse, weißliche Farbe und war weniger hell als der weiße Äquatorialstreif und viel weniger als der Ring. Im allgemeinen waren diese Streifen außerordentlich unveränderlich, nur zuweilen zeigten sich kleine Abweichungen in Farbe oder Deutlichkeit, aus deren periodischer Wiederkehr Herschel auf eine Umdrehung der Saturnkugel von 10 Std. 16 Min. schloß. Schröter beobachtete die Saturnstreifen mit seinem 13füßigen Reflektor 1796. Damals zeigte die Scheibe einen doppelten Äquatorialgürtel mit einer schmalen, hellen Zone. Schröter glaubte jedoch aus der bald größeren, bald geringeren Deutlichkeit des Streifens, „ohne alles kennbare Abzeichen" die Rotation der Kugel nicht beurteilen zu dürfen. „Einzelne dunklere, verwaschene, kennbare Stellen." sagt er, „fallen selten vor, sind vergänglich atmosphärisch und dauern nicht lange." Im Jahre 1821 sah Kunowsky mit seinem Frauenhofer'schen Fernrohre von 4⅓" Öffnung zwei zonenartige Streifen auf der Scheibe des Saturn. Der südliche erschien scharf begrenzt, ohne sichtbare Unregelmäßigkeiten, und bei starker Vergrößerung deutlich doppelt, und zwar durch einen sehr feinen, hellen Zwischenraum getrennt. Der nördliche Streifen war größtenteils vom Ringe bedeckt, zeigte aber eine deutliche, bräunliche Färbung. In den Jahren 1834 und 1835 fanden Beer und Mädler (Fernrohr von 44''' Öffnung) stets nur einen grauen Streifen. Derselbe war so deutlich, daß er selbst in der hellen Morgendämmerung leicht gesehen werden konnte. Er erschien scharf und ließ sich bis hart an den Rand verfolgen, aber alle Bemühungen der beiden Beobachter, Ungleichheiten oder Veränderungen in diesem Streifen wahrzunehmen, schlugen fehl. Die Wahrnehmung bestimmter dunkler Flecke, ähnlich denjenigen des Jupiter, gelingt beim Saturn nur sehr selten; vielleicht kommen sie hier überhaupt nie vor. Dagegen hat man bisweilen helle Punkte auf

seiner Scheibe gesehen. In der Nacht des 7. Dezember 1876 sah Professor Hall in Washington mit dem 26zölligen Clark'schen Refraktor einen solchen hellen Fleck von 2" bis 3" Durchmesser, rund und scharf. Derselbe zeigte eine rasche Bewegung im Sinne der Rotation. Am folgenden Tage wurden mehrere amerikanische Sternwarten benachrichtigt und zur Beobachtung des Fleckes aufgefordert. In der That fand man ihn an vier verschiedenen Beobachtungsorten, und er konnte bis zum 2. Januar verfolgt werden. Es ergab sich als Rotationsdauer eine Periode von 10 Std. 14 Min. 23,8 Sek., also sehr nahe übereinstimmend mit dem mehr als 80 Jahre früher von Herschel gefundenen Werte. Dieser unsterbliche Beobachter glaubte auch Änderungen in der Helligkeit der Polarregionen des Saturn zu erkennen, die auf klimatische Variation hindeuten würden, doch macht er selbst darauf aufmerksam, daß die Beobachtungen länger fortgesetzt werden müßten."

Die Beobachtung relativ konstanter Flecken in der Äquatorialzone Saturns ist seitdem (im Frühjahr 1891) durch Stanley Williams noch genauer erfolgt, und aus der periodischen Wiederkehr hat sich eine Rotationsdauer des Planeten selbst zu 10 Stunden und 15 Minuten herausrechnen lassen — wie bei Jupiter also eine enorme Geschwindigkeit im Verhältnis zu den 24 Stunden unserer so viel kleineren Erde. Das Spektrum des Saturn ähnelt durchaus dem des Jupiter, doch ist das Licht im ganzen relativ schwächer und die Annahme eigenen Leuchtens hier jedenfalls schon etwas weniger zwingend als bei Jupiter — falls man ihr überhaupt Gehör schenken will.

Um diese dem Jupiter in jedem Zuge so verwandte Welt schlingt sich nun geheimnisvoll der große Ring. Je nach der Stellung zur Erde, die der Panet während seines fast dreißigjährigen Umlaufs um die Sonne einnimmt; erscheint uns dieser Rätselschleier als feine, fast verschwindende Lichtlinie (wir sehen dann gegen die Kante) oder als breiter Teller, auf dem die Planetenkugel wie ein riesiger Apfel ruht. Und so erweist sich schon aus diesem Wechsel des Anblicks, daß es sich um ein in die Breite mächtig gedehntes, aber ganz flaches Gebilde handelt, dessen Dicke in gar keinem Verhältnis zu seiner Breite steht. (Vergl. die Bilder auf S. 140 und 285.) Was ist dieser Ring? Woraus besteht er? Schon von dieser rein physischen Frage wandert die Forschung der Gegenwart ins Hypothesengebiet: ein deutlicher Fingerzeig, daß die Stunde für die entwickelungsgeschichtliche Enträtselung noch lange nicht geschlagen hat.

Nachdem Galilei sich weidlich mit dem seltsamen „Henkelgebilde" zu Seiten des Saturnkopfes herumgeschlagen, ohne die Lösung zu finden — nachdem dann Huygens um 1659 den „Ring" als solchen endgiltig erkannt hatte —, waren es am 13. Oktober 1665 die Gebrüder Ball zu Minehead, die auf diesem Ring eine schwarze Trennungsspalte wahrnahmen. Das war der Anfang einer höchst interessanten, aber zunächst

rein äußerlichen Detailforschung innerhalb des vor Augen stehenden rätselreichen Gebildes. 1675 fand Dominik Cassini die Trennungslinie wieder —, sie hieß fortan nach ihm die Cassini'sche Trennung. Deutlich gewahrte Cassini dabei, daß der innere Ringteil der hellere sei; schon vor ihm war die Bemerkung gemacht worden, daß der Gesamtglanz des Ringes jedenfalls den des Planeten selbst übertreffe. Wilhelm Herschel glückte es dann 1791, den dunklen Streifen bis auf die andere Ringseite zu verfolgen und so die wirkliche Zweiteilung des ganzen geschlossenen Ringes an dieser Stelle nachzuweisen. „Ich glaube," sagt er, „zu dem Schlusse berechtigt zu sein, daß Saturn zwei konzentrische Ringe von ungleicher Größe und Breite hat, die wahrscheinlich sich gegen den Äquator des Planeten neigen. Der schmalste ist auswendig und hat den größten Durchmesser." Heute wissen wir, daß die Cassini'sche Spalte ein Riß ist von nicht weniger als 380 Meilen Durchmesser. Der äußere Ring, den sie von der Hauptmasse absondert, hat sich in der Folge als ziemlich veränderliches Objekt erwiesen. Enke sah darin eine besondere dunkle Trennungslinie, die von anderen Beobachtern wegen ihres bei zunehmender Vergrößerung wachsenden grauen Ansehens die Bleistiftlinie genannt wurde. Es scheint aber in den Details sehr wenig Konstanz zu herrschen — es ist, als schließe sich der graue Spalt bald und klaffe bald wieder an anderer Stelle auf. Viel ergebnisreicher als hier sollte die Forschung sich gestalten bei dem inneren Teil des Ringes. Hier fand bereits Herschel im hellsten Gebiet einen Strich und die späteren Beobachter sahen die verschiedenartigsten Andeutungen seiner, ebenfalls wechselreicher Trennungen. Dann aber kam G. P. Bond im November 1850 in dieser Gegend mit einer durchschlagenden Entdeckung. Der alte Herschel hatte seine Verwunderung ausgesprochen, daß noch nie ein Astronom in dem dunklen Raum zwischen dem helleren Innenring und dem Planeten selbst einen Fixstern habe durchblinken sehen. Galle sah in diesem seltsam öden Raum schon etwas wie einen dritten, fast unsichtbaren Ring wie schwarzen Flor. Bond gewahrte diesen Florring nun mit entscheidender Deutlichkeit. Er erschien schieferblau, noch gerade sichtbar. Struve sah einmal auch diesen innersten Ring durch einen noch dunkleren Streifen in zwei zertrennt.

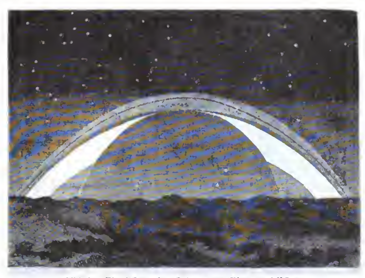
So löste der scheinbar einfache „Saturnring" sich nach und nach in ein ganzes System hellerer und dunklerer Kreise auf, je näher man ihn anschaute. Und diese Kreise trennten und verbanden sich, wie es schien, in einer Weise, die jedenfalls nicht zuließ, daß die Ringmaterie als eine feste gedacht wurde. Kant war ja in seiner Bildungshypothese schon für eine lose Wolkenmasse eingetreten, andere dachten an eine Flüssigkeit. Ein scharfer Beobachter wie Trouvelot aber kam ohne alle Hypothesen aus der reinen Beobachtung heraus noch auf eine andere Idee. „Der düstere (d. h. der oben erwähnte innerste dritte Ring)," sagt er, „scheint voll-

ständig zusammenhängend zu sein, obgleich er sicher nicht durchaus gleich dick ist. Aus welcher Materie der Ring auch gebildet sei, jedenfalls ist sie sehr verdünnt, und diese Verdünnung nimmt nach dem inneren Rande zu. Hier scheint er aus einzelnen Teilchen zu bestehen, von denen jedes für sich Licht reflektiert. Unter Anwendung starker Vergrößerungen bei Instrumenten mit großer Öffnung hatte ich den Eindruck, als ob die vermeintlichen Teilchen durch die Einwirkung einer mächtigen Kraft sich weiter voneinander zu entfernen scheinen. Ich behaupte nicht, in dem düsteren Ringe bestimmte, getrennte Teilchen gesehen zu haben, aber öfters waren die momentan erhaltenen Eindrücke so bestimmt, daß es mir schien, bei noch etwas günstigeren Bedingungen getrennte Körperchen entdecken zu können. Die Erscheinung war ungefähr wie die feinen Staubteilchen, die in einem Sonnenstrahl schwimmen, der in ein dunkles Zimmer fällt."

An diesem Punkte setzte nun sehr glücklich die rein mechanische Theorie, die theoretische Erörterung über die allein möglichen Existenzbedingungen eines solchen freischwebenden Ringsystems ein. Der Physiker Maxwell legte mit überzeugenden Gründen mathematisch dar, daß ein Ringgebilde dieser Art, das den wechselnden Anziehungen des umkreisten Planeten, seiner acht Monde, der benachbarten Planeten und der Sonne preisgegeben sei, sich überhaupt nur dann dauernd in der Balance halten könne, wenn es weder fest noch flüssig sei, vielmehr sich aus Millionen kleiner, loser Körperchen zusammensetze, die sich bald so, bald so zu Ringen zu gruppieren, wieder zu trennen und wieder zu schließen vermöchten und so die Störungen überwänden. Die Maxwell'sche Theorie fügt sich gegenwärtig durchaus einfach in die Thatsachen ein. Das Bild des Ringes, das sich daraus ergiebt, führt auf einen riesigen Meteoritenschwarm, wie wir deren mehrere im Planetenraum als ähnlich konstante, aber auch im Innersten lose zersplitterte Ringe kennen, die dort allerdings die Sonne selbst umkreisen. Alle 33 Jahre schneidet unsere Erde auf ihrer Bahn einen solchen Meteorring: er äußert uns seine Existenz jedesmal durch einen phantastisch wilden Sternschnuppenregen, bei dem zahllose kleine Partikelchen (Meteore) durch die Reibung an unserer Atmosphäre in leuchtenden Streifen verpuffen. Die Spektralanalyse widerspricht wenigstens jener Auffassung nicht: sie deutet an, daß der Saturnring keinerlei Atmosphäre besitzt, und das paßt durchaus zur Natur eines solchen Meteoritenschwarms.

Wie man sieht, nimmt die rein physische Ergründung des seltsamen Ringes, falls hier das Rechte getroffen ist, dem Phänomen als solchem seinen Zauber des Wunderbaren nicht. Denn wie sollen wir uns das Zustandekommen eines solchen kolossalen Meteoritenringes gerade bei einem Planeten nun geschichtlich ausmalen? Ist eine wandernde Meteoritenwolke gelegentlich in die Nähe Saturns gekommen und von ihm festgehalten worden? Bei dem Zusammenhang, der unzweideutig zwischen Kometen und

Meteoritenschwärmen besteht, hat man an einen *Kometen* gedacht, der hier wie ein Turban sich um den großen Planeten geschlungen hat und sein Vasall bleiben mußte. Aber wie unendlich fein ist durchweg der Stoff der Kometen gegen dieses zwar platte, aber trotzdem recht merkbar dichte und undurchsichtige Ringgebilde! Bei bestem spekulativen Mut ist da vorerst schlechterdings nichts auszusagen, und mahnend nach wie vor leuchtet dieser prachtvolle Ring in all unser Sinnen und Erklügeln über die Entwickelungsgeschichte der Natur hinein, — mahnend an die Schranken unseres Wissens



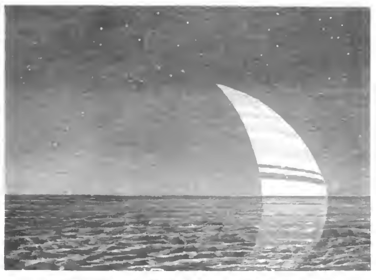
Anblick des Ringsystems des Saturn vom Planeten selbst aus.

Die Planetenoberfläche ist vom Zeichner als starre Gesteinsmasse gezeichnet, von ihrer wahren Beschaffenheit wissen wir vorläufig aber gar nichts, da das, was wir als Oberfläche von der Erde aus sehen, wahrscheinlich bloß ein dichter Dunstschleier ist, der den eigentlichen Planetenkörper verhüllt.

zugleich und an die unabsehbaren *Möglichkeiten der physischen Welt*, die wir immer und immer wieder zu gering schätzen.

Auch hier, wie bei den Jupiter-Trabanten, verweilt der Gedanke, nachdem ihm der höchste Flug beschnitten, gern bei der *ästhetischen Herrlichkeit des Systems*, — sei es, daß man sich den Ring gesehen denkt vom Planetenkörper oder umgekehrt den riesigen Saturnball von irgend einem Teilchen dieses Ringes aus. Von den Polen Saturns, wo statt unserer sechsmonatlichen eine fünfzehnjährige Nacht durchzumachen ist, bis 24° abwärts ist der Ring, der so dicht über dem Äquator schwebt, ganz unsichtbar, er bleibt unter dem Horizonte. Dem Wanderer,

der im Sommer dem Äquator zustrebt, erhebt er sich dann immer imposanter als glänzender Bogen am Himmel. Etwa 35° vom Pol und 55 vom Äquator zeigt dieser Bogen seine höchste Breite. Dann nimmt er wieder ab, um endlich unter dem Äquator selbst, wo man nur mehr in die innere, von der Sonne nicht beleuchtete Ringkante sieht, als dunkler Zenithstrich quer über den ganzen Himmel weg sich darzustellen. Als Hilfsmittel zur besseren Beleuchtung der sonnenfernen Saturnkugel dient der Ring jedenfalls nicht, da er die Polarländer überhaupt nicht

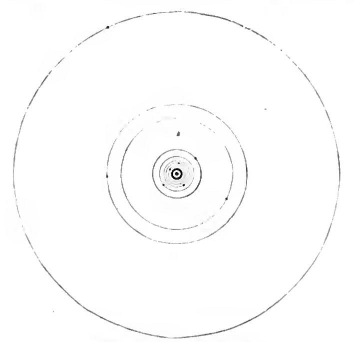


Anblick einer Phase des Planeten Saturn von einem der Ringe aus.
Der Ring ist vom Zeichner noch als Flüssigkeit gedacht, während die neuere Forschung zu der Ansicht neigt, daß das ganze Ringsystem sich aus Millionen kleiner Körperchen nach Art eines Schwarmes von Meteorsteinen zusammensetze

bestrahlt und anderen Teilen des Planeten jahrelange Sonnenfinsternisse erzeugt.

Nicht weniger als **acht Monde** umkreisen außer den Ringen den Saturn. Der erste, Mimas, läuft dicht an dem äußersten Ring in 22½ Stunden einmal um das ganze innere System. Er ist sehr klein, und die vier folgenden, Enkeladus, Thetis, Dione und Rhea, ähneln ihm und bilden mit ihm gleichsam ein erstes Mondsystem jenseits der Ringe. Es reicht bis etwa neun Saturnhalbmesser in den Raum hinaus. Dann kommt eine große Lücke. Der nächste Mond, Titan, der hellste von allen, steht bereits 20 Saturnhalbmesser vom Mittelpunkt des Planeten ab. Den

Lichtverhältnissen nach — in großen Instrumenten zeigt er bereits Scheibenform — muß er etwa ein Drittel größer sein als unser Erdmond. Fünf Saturnhalbmesser weiter folgt der außerordentlich lichtschwache Hyperion. Nun wieder eine große Lücke — und endlich ganz fern, wie ein einsam versprengter Vorposten, Japetus. Bei 60 Saturnhalbmessern Entfernung als Maximum nimmt er sich für seinen Umlauf fast achtzig Tage. Er zeigt einen auf-



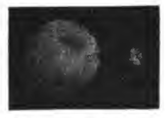
Die Bahnen der Monde des Saturn.

fälligen Lichtwechsel in engem Anschluß an diesen Umlauf, so daß man schließt, er drehe sich während dieser achtzig Tage grade einmal um seine Achse und wende uns dabei abwechselnd stärker und schwächer glänzende Teile zu. Das letztere ließe auf eine merkwürdige Beschaffenheit seiner Oberfläche schließen, — und so ist selbst die äußerste Thatsache aus dieser Saturnwelt wieder Anfangspunkt zum Ausspinnen neuer Spekulationen vor neuen Rätseln.

Hat uns schon Saturn wesentlich mehr mit neuen Merkwürdigkeiten und auserlesenen Prachtstücken der Planetenwelt als mit fördernden Thatsachen der Entwickelungsgeschichte bekannt gemacht, so sind die fernsten Sonnenwanderer

Uranus und Neptun vollends außerhalb der vorerst sichtbaren Entwickelungskette.

Uranus kann von scharfem, ortskundigem Auge grade noch ohne Fernrohr wahrgenommen werden. Im Teleskop erscheint ein grünliches Scheibchen, auf dem erst in allerneuester Zeit das Riesenteleskop der Lick-Sternwarte Streifen nachgewiesen hat, die an die Gebilde auf Jupiter und Saturn erinnern. Das Spektrum deutet auf eine mächtig absorbierende Atmosphäre, in der, wie schon erwähnt, ein rätselhafter, bereits bei Jupiter und Saturn sich anmeldender Stoff eine Hauptrolle spielt. Der Durchmesser der Kugel sinkt gegen Saturn rapid herab: Uranus ist nur etwa viermal so groß wie die Erde. Aber zu einem Umlauf um die Sonne braucht er bereits 84 Erdjahre. Seine vier Monde (vier werden gegenwärtig nur anerkannt), Ariel, Umbriel, Titania und Oberon, haben jene ganz absonderliche Bahnrichtung und Neigung gegen die Hauptebene des übrigen Planetensystems, die sie zum Kreuz und Schrecken aller kosmogonischen Hypothesen macht. Von den zwei äußeren wenigstens steht sicher fest, daß sie von Ost nach West, also rückwärts, laufen. Die Bahnebenen aller vier aber stehen nahezu senkrecht auf der allgemeinen Planetenebene. Stände der Planet selbst auch nur so annähernd normal wie die Erde, oder gar so korrekt aufrecht wie Jupiter, so müßte man sich vorstellen, daß bei ihm die Monde statt um den Äquator um die Pole laufen. Es steht aber vorläufig kein Grund der Annahme entgegen, daß eben einfach auch der Planet seine Rotationsachse völlig in die Bahnebene gelegt hat, also im Vergleich zu den andern buchstäblich umgekippt ist. Positiv wissen thut man über die Rotation des Uranus überhaupt noch nichts, ebenso wenig wie über eine Abplattung an den Polen, deren sicherer Nachweis das Rätsel seiner wahren Lage sofort ins Klare setzen müßte.


Uranus (links) und Erde (rechts) in ihrem Größenverhältnis.

Bei Neptun versagen vollends die Quellen. Neptun ist etwas größer als Uranus, aber bei der enormen Entfernung nur noch ein Objekt für Teleskope. Aussehen wie Spektrum ähneln durchaus dem des Uranus. Einzelnen Beobachtern ist der Umriß der blaßgrünen Scheibe verschwommen vorgekommen, als umzittere sie eine ganz lose, kometenartige Atmosphäre. In einem Abstande, der etwa dem dritten, hellsten Jupitermonde, dem Titan bei Saturn und der Titania bei Uranus entspricht, umkreist ihn ein relativ großer Mond, dessen Bahnverhältnisse ebenfalls allerlei Rätsel aufgeben.

Arm, wie diese Ausbeute jenseits des Saturn an sich ist, darf eine auf die kosmischen Zusammenhänge gerichtete Darstellung doch nicht an ihr



vorübergehen, ohne mit ein paar Worten eines geschichtlichen Ereignisses zu gedenken, das gerade hier angeknüpft hat und mit Recht als eine Glanzstelle menschlicher Gedankenleistung gefeiert wird. Es handelt sich um die Entdeckungsgeschichte des Planeten Neptun. Ich habe auf sie schon an einer anderen Stelle dieses Bandes (S. 154), als es sich um die Allgemeinbedeutung des Gravitationsgesetzes bis in unbekannte Fernen hinein handelte, flüchtig hingewiesen. Sie verdient aber hier in ihrem eigentlichen theoretischen Werte noch ausführlicher herangezogen zu werden.

Die Entdeckung des Uranus durch Herschel den Älteren im letzten Viertel des 18. Jahrhunderts (vergl. S. 253) war recht eigentlich die Frucht zähen Beobachterfleißes gewesen, in keiner Weise aber das Resultat irgend welcher Theorie. Theoretisch war nach den Erfahrungen von ein paar Jahrtausenden nichts unwahrscheinlicher als gerade die Entdeckung eines siebenten Planeten, zumal jenseits der Saturnbahn. Die vagste Wahrscheinlichkeit hätte noch auf eine Ausfüllung der Lücke zwischen Mars und Jupiter rechnen dürfen, wo ja nachmals auch Planeten die Fülle sich gezeigt haben. Aber selbst das war höchst problematisch und die Sechszahl im Grunde so eisern eingenistet, wie es wenig später die Siebenzahl werden sollte, die der Philosoph Hegel mit wenig Glück gerade im Moment für streng logisch erklärte, da Piazzi den achten, die Ceres, entdeckte oder vielmehr (was der Philosoph nicht wußte) bereits entdeckt hatte. Einerlei nun: die Praxis siegte und der Uranus, entdeckt von einem bisher gänzlich unberühmten Konzertdirigenten in England, war da und verlangte, daß man seine Bahn herausrechne. Bouvard stellte auf Grund der vorhandenen Beobachtungen und der bekannten Störungswirkungen von Jupiter und Saturn die nötigen Tafeln für den neuen Sonnensohn auf. Schon nach ein paar Jahren erwiesen sie sich als unbrauchbar: der Planet lief nicht, wo er sollte, sondern erschien an Stellen, die ihm die Rechnung nicht eingeräumt hatte. Alle Astronomen gerieten in Aufregung. Das Gravitationsgesetz schien bedroht, wenn nicht eine Störungsursache für die Abnormitäten der Uranusbahn sich entdecken ließ. Der große Bessel hat wahrscheinlich zuerst den genialen Gedanken gehabt, die Störungen entstammten einfach einem noch entfernteren Sonnenwanderer jenseits der Uranusbahn. Entdeckt war ein solcher Planet nicht. Aber ließ er sich nicht berechnen? Konnte man nicht seinen augenblicklichen Ort am Himmel, der sich ja in den vorhandenen Uranusstörungen spiegelte, bestimmen, so daß man ihn dort suchen konnte, falls er überhaupt als winzigstes Sternchen noch sichtbar war? Es galt allerdings eine harte Arbeit. Zunächst mußte die ganze Uranusberechnung unter dem neuen Gesichtspunkte revidiert werden. Dann aber mußte man gewisse Voraussetzungen machen, die möglicherweise alles umwarfen, wenn sie nicht stichhaltig waren. Man mußte annehmen, daß der unbekannte Planet sich in derselben Ebene mit Uranus bewege und von West nach Ost laufe. Das

war ein relativ harmloser Analogieschluß. Aber man mußte, was gefährlicher war, eine gewisse Meinung sich bilden, wie weit der Planet wohl von Uranus, respektive von der Sonne überhaupt entfernt sein könne. Ohne das kam gar keine Rechnung zu stande. Nun galt damals ziemlich unbestritten die Hypothese, daß, wenigstens bei den äußeren Planeten, der Sonnenabstand des nächsten immer ungefähr gleich dem Doppelten des vorhergehenden sei. War Jupiter etwas über fünfmal so weit wie die Erde von der Sonne entfernt, so war es Saturn nahezu zehnmal und Uranus fast zwanzigmal. Das ergab für den gesuchten Planeten die Ziffer Vierzig,



Die Sternwarte zu Greenwich.

und dort also, im vierzigfachen Abstand der Erde von der Sonne (gleich 40 mal 20 Millionen Meilen) mußte ihn die Hypothese provisorisch hinsetzen. Die heikle Sache war nur, ob man bei dieser Voraussetzung ein wirkliches „Gesetz“ benutze oder bloß einen Zufall, wie er einst Kant irre geführt, der eine wachsende Zunahme der Excentricität der Planetenbahnen mit dem Sonnenabstande angenommen und darauf kühne Ideen gebaut hatte. Der erste, der sich an die komplizierte und bei so schwankender Basis vielleicht ganz ergebnislose Rechnung heranmachte, war ein englischer Student, J. C. Adams. Er begann seine Untersuchungen 1843. Als er aber im Oktober 1845 sein Resultat der Sternwarte zu Greenwich vorlegte, fand er kein Gehör, und man gab sich gar nicht die Mühe, an dem von Adams berechneten Himmelsort nach dem Planeten zu suchen.

Inzwischen, um 1845, setzt sich in Paris auf **Arago's** Rat ein anderer junger Astronom an die Arbeit, **Leverrier**. Er ermittelt unabhängig ein Resultat, das aufs beste mit dem Adams'schen stimmt. Am 18. September 1846 teilt er es brieflich einem Assistenten der Berliner Sternwarte, **Galle**, mit und bittet, nach dem Planeten an einer bestimmten Stelle zu suchen. Der Zufall hatte gewollt, daß Galle, der erst ein Jahr vorher promoviert hatte, seine Dissertation an Leverrier eingesandt hatte, weil er glaubte, daß dieser etwas daraus für seine Uranusstudien benutzen könne. In dem Dankbrief schrieb jetzt Leverrier die denkwürdige Stelle: „Später werde ich mir die Erlaubnis nehmen, auf mehrere Punkte zurückzukommen, die mich interessiert haben . . . . heute möchte ich von dem unermüdlichen Beobachter verlangen, daß er einige Augenblicke der Durchforschung einer Region des Himmels widmen möge, wo es einen Planeten zu entdecken geben kann. Es ist die Theorie des Uranus, welche mich auf dieses Resultat geführt hat."*) **Encke**, der Direktor der Berliner Sternwarte, hatte bisher den ganzen Uranus-Rechnungen ebenso skeptisch gegenübergestanden, wie sein Kollege Airy in Greenwich. Erst Leverriers Brief, von Galle ihm mitgeteilt, brach den Bann. Man fand zum Glück eine schon fertige Sternkarte für die betreffende Himmelsgegend, und als d'Arrest und Galle sich die Nacht über ans Rohr stellten, zeigte sich alsbald ein Stern achter Größe, den die Karte nicht wies, der also neuerdings dort eingewandert sein mußte. So rasch wandern konnte nur ein Planet. Encke kam selbst hinzu, und man beobachtete gespannt. Am nächsten Abend war es schon zweifellos, daß man einen Planeten faktisch entdeckt habe. **Neptun war gefunden!** Es verdunkelt den Glanz dieser prächtigen Geschichte nicht, wenn man hinzufügt, daß die von Adams und Leverrier errechneten Elemente des Neptun im einzelnen sehr weit von den wirklichen Daten entfernt waren. So erwies sich besonders jenes Entfernungsgesetz endgiltig als Irrlicht, indem Neptun nicht doppelt, sondern nur 1/2mal so weit von der Sonne absteht wie Uranus. Gleichwohl hatten die falschen Elemente — und das war das Entscheidende — ein richtiges Stück der scheinbaren Bahn des Gestirns ergeben. „Und dieser Umstand," sagt **Scheiner** mit Recht, „darf nicht etwa Verwunderung erregen, noch weniger darf man den beiden Rechnern einen Vorwurf machen, denn man sieht ja eben, daß die errechnete Bahn sehr nahe dieselben Störungen auf Uranus ausüben würde als die wahre, und aus den Störungen ist ja alles gerechnet. Es ist viel leichter, ein Stück einer scheinbaren Bahn auf dem

*) Der Brief ist im Wortlaut zuerst mitgeteilt worden von **J. Scheiner** in der trefflichen Berliner Zeitschrift „Himmel und Erde" Jahrgang V, S. 25. Meine Darstellung schließt sich in den Thatsachen wesentlich der dort gegebenen kritischen Darlegung der Leverrier'schen Entdeckungsgeschichte, über die zahllose Versionen umlaufen, an.

Leverrier'schen Wege richtig zu finden, als die Elemente, da man eine große Menge von Variationen der letzteren angeben kann, welche ein kurzes Bahnstück alle gleich gut darstellen. Ein Beispiel wird dies noch klarer stellen. Die Entfernung des Planeten wurde um 1/8 zu groß angenommen; um dies einigermaßen zu kompensieren, ergab sich eine zehnmal so große Excentricität und gleichzeitig eine solche — falsche — Lage des Perihels, daß für die Zeit der Neptunentdeckung der fehlerhafte Betrag der Entfernung des Planeten von der Sonne von 125 Millionen Meilen auf 60 Millionen Meilen reduziert wurde. Um diesen Betrag war er noch zu weit von Uranus entfernt; um die richtigen, und nicht zu kleine Störungen zu geben, mußte entsprechend seine Masse größer ausfallen, wie dies in der That geschah. Es hält eben schwer, in diesem Falle zu entscheiden, was mehr zu bewundern ist, die Geschicklichkeit der beiden Astronomen, die ein in Strenge unlösbares Problem mit solchem Erfolge lösten, oder die staunenswerte Logik der mathematischen Analyse, die selbst in den verwickeltsten Fällen aus den in das Problem eingeführten richtigen Daten auch die einzig richtigen Resultate liefert, wenn auch die quasi nebensächlichen Einzelheiten verfehlt erscheinen. Auf die Geschichte der Neptunentdeckung wird die Menschheit immer mit Stolz zurückblicken können."

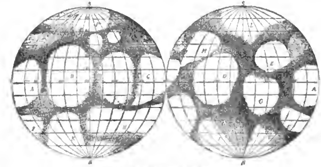
Der Schritt von den großen zu den kleinen Planeten ist — was die Entwickelungs-Phasen anbetrifft — offenbar ein sehr weiter. Wir treten in eine Welt, deren räumlich größter Körper die Erde ist. Die Erde ist seit Jahrmillionen mit organischem Leben in millionenfacher Gestaltung überdeckt. Sie hat Eisperioden durchgemacht, in denen die Kälte des Weltraums schon bedenklich selbst dieses organischen Lebens Herr werden wollte. Jedenfalls deckt gegenwärtig eine dauernde Eiskappe ihre Pole, und von ihren Hochgebirgen sinkt Gletschereis langsam in die Thäler nieder. Welches Extrem, wenn man von Planeten kommt, bei denen die Frage sehr wohl diskussionsfähig war, ob ihre Oberfläche nicht noch eine gelinde Rotglut besitze und einen Rest eigenen Lichtes ausstrahle! Zwischen dieser letzten Oberflächenglut und der wachsenden Herrschaft der erstarrenden Weltraumkälte — welcher Abstand! Dort das Wasser (dessen Elemente die Sonne uns noch ganz getrennt zeigte) jedenfalls doch erst in Form eines weißen Dampfmantels; — hier schon im Begriff, den flüssigen Aggregatzustand zu verlassen und zu Stein zu gefrieren. Und zwischen diesen Punkten liegt die ganze Riesenfülle des Organischen! Die lebendige Zelle, an der Grenze des Flüssigen und Festen geronnen, das Produkt aus ein paar Grundstoffen nur, denen doch eine enorme Wandlungsfähigkeit in der Form inne wohnte, — vor allem des Kohlenstoffs mit seinen tausend Geheimnissen, aus denen sich das vieldeutige Wörtchen „Leben" schürzt! Wo sind uns die Zwischen-

glieder erhalten, — die Phasen zwischen dem Jupiter von heute, der vielleicht in sehr vielem auch noch dem vor ein paar Millionen Jahren entspricht, — und der Erde von heute, auf der der organische Typus „Mensch“ sich vermöge seines Gehirnes Herr fühlt, ein Typus, von dem wir wissen, daß er verhältnismäßig nicht sehr alt sein kann?

Die Größenverhältnisse garantieren uns, wie gesagt, von hier ab keine Wahrscheinlichkeiten älterer Entwickelungsstufen mehr, als die Erde eine giebt. Nur eine Möglichkeit bleibt offen. Es könnte ein kleinerer Planet uns Aufschluß geben, der doch sehr viel näher der Sonne stände, also stärkere Wärme sich hätte wahren können. Es wäre auch, wenn man der Laplace'schen Hypothese recht geben will, denkbar, daß die sonnennächsten Planeten trotz ihrer Kleinheit noch unentwickelter ausschauten, weil sie jüngere Produkte der Sonne sind. So heftet sich das Auge naturgemäß auf Venus und Merkur.

Es scheint wie ein erster guter Fingerzeig, daß Venus weiß glänzt. Das rückt sie dem Jupiter trotz ihrer Kleinheit näher. Man ahnt eine dicke, dem Lichte nicht bis in die Tiefe zugängliche Atmosphäre von Wasserdampf, — mag diese auch viel enger dem Planeten anliegen als bei Jupiter und Saturn und mag sie auch über einer bereits völlig starren, höchstens mit Wasser bedeckten Rinde schweben. Die spektroskopischen Untersuchungen, die bei dem ungemein hellen Glanze der Venus mit großer Schärfe vorgenommen werden können, bestätigen diese Annahme Punkt für Punkt. Das Spektrum ist im allgemeinen treu das des reflektierten Sonnenlichts bis in alle Details der Fraunhofer'schen Linien hinein. Aber daneben zeigen sich zart angedeutete atmosphärische Linien, die unsern irdischen entsprechen und unmittelbar auf die Existenz von Wasserdampf hindeuten. Daß diese Absorptionslinien indessen nur so schwach sind, legt grade die Annahme nahe, daß diese Wasserdampfatmosphäre eine äußerst dicke Wolkenschicht darstelle, in die das Licht nicht sehr tief eindringen kann. Mit der Existenz dieser schweren Atmosphärenhülle ist aber leider die Wahrscheinlichkeit verknüpft, daß wir von der eigentlichen Oberflächengestaltung des Planeten trotz seiner Nähe, genau so wie bei Jupiter und Saturn, nicht viel zu sehen bekommen. Was sich als Fleck auf der Scheibe zeigt, wird immer eher ein Wolkengebilde sein als ein wirklicher Kontinent. Gesehen worden sind allerdings solche Flecke seit Mitte des siebzehnten Jahrhunderts, also der Zeit der Cassini, wiederholt. Dominicus Cassini sah 1666 und 1667 in Bologna helle sowohl wie dunkle Stellen. Sie schienen sich im Sinne einer Rotation von West nach Ost zu verschieben und ergaben eine Umdrehungszeit des Planeten um seine Achse von 23¼ Stunden. Bianchini in Rom beschrieb um 1727 in der Nähe des Venusäquators rundliche, durch Kanäle miteinander verknüpfte Gebilde gleich Ozeanen. Wilhelm Herschel suchte vergebens danach, Gruithuisen aber meinte.

in bestimmten Jahren dunkle Streifen in der Meridianrichtung (also genau umgekehrt wie bei Jupiter) wiederkehren zu sehen. Im ganzen blieb die Zeit seit Bianchini merkwürdig steril in neuen Funden trotz sorgsamen Studiums. Dann, fast ein Jahrhundert nach jenen ersten Resultaten, 1839 bis 42, zeigten sich grade in Rom wieder sehr deutlich die Bianchini'schen Flecke. De Vico berechnete jetzt die Rotation zu 23 Stunden, 21 Minuten 21,93 Sekunden. In neuester Zeit haben Niesten und Stetyvaert auf Grund zehnjähriger Beobachtungen in Brüssel eine Art erster Karte der Venus entworfen, die das beistehende Bild wiedergiebt. Sollte es sich hier wirklich um einen annähernden Umriß der wahren Oberflächengestalt, eine echte „Karte" handeln, so hätten wir da allerdings eine fremde und höchst lehrreiche Phase vor uns: rundliche Kontinente mit schmalen Meeres-



Karte des Planeten Venus.
Nach Niesten und Stetyvaert.

armen, — vorausgesetzt daß, wie man es bei Mars gegenwärtig annimmt, die dunkleren Stellen Meere andeuten. Leider ist es vorläufig aber kaum irgendwie zu belegen, daß alle diese Gebilde thatsächlich etwas anderes sind als rundliche Wolkenmassen und daß unsere „Karte" der Venus nicht lediglich die Karte ist, die ein Tourist auf einer Alpenspitze entwerfen würde, dem jede Aussicht durch ein undurchsichtiges weißes Wolkenplateau abgeschnitten ist. „Und unter den Füßen ein neblichtes Meer, erkennt er die Städte der Menschen nicht mehr, durch den Riß nur der Wolken erblickt er die Welt . . . . ." so könnten die „Meere" jenes Venusbildes sehr wohl auch bloß Risse im Gewölk sein, durch die erst der dunklere Planetenkörper überhaupt sichtbar wird.

Wie gering die wahre Ausbeute der ganzen „aphroditographischen Studien" bisher gewesen, erhellt am besten daraus, daß man noch nicht einmal die Rotationsdauer der Venus aus den Verschiebungen jener Flecke mit absoluter Sicherheit hat bestimmen können. Schiaparelli, der große Topograph des Mars und einer der erfolgsichersten Astronomen unserer



Die Station der deutschen Expedition zur Beobachtung des Venusdurchgangs vom 9. Dezember 1874 in Tschi-fu (China).
(Nach einer photographischen Aufnahme von Kardaetz, Mitglied der Expedition.)

Tage überhaupt, hat in neuester Zeit alle jene alten Rechnungen von Cassini bis de Vico über den Haufen zu werfen versucht, indem er der Venus statt einer mit der Erde nahezu übereinstimmenden täglichen Rotation vielmehr eine solche von fast 225 Tagen giebt. Da sich Venus in genau derselben Zeit einmal um die Sonne bewegt, so fiele hier also Revolution mit Rotation in gleicher Weise zusammen, wie bei unserm Erdmond und wahrscheinlich auch andern Monden des Planetensystems. Schiaparelli's Schlüsse sind von Trouvelot angefochten worden, — für den Moment läßt sich nur sagen, daß ein gewisses Entweder-Oder besteht: entweder diese lange Rotationsdauer oder jene kurze, der Erde analoge; für eine dritte Ziffer versagen sämtliche Thatsachen.

Ist es so um die Karte der Venus schlecht bestellt, so weiß der Planet, nah wie er uns steht, doch mancherlei andere Anregungen zu geben, die sich wohl auch entwickelungsgeschichtlich in Zukunft einmal gut verwerten lassen dürften. Ihrer Stellung zur Erde entsprechend zeigt Venus Phasen gleich dem Mond. (Vergl. das Bild auf S. 139.) Als Sichel grade erreicht sie für uns ihren höchsten Glanz. Diese Sichelphase aber bietet gleichzeitig eine ganze Reihe höchst merkwürdiger Phänomene. Beer und Mädler maßen die Breite der Sichel und fanden, daß dieser helle Teil der Venus weniger breit war, als er unter den mathematischen Voraussetzungen einer so beleuchteten Kugel sein mußte. „Betrachtet man," so erläutern die Beobachter scharfsinnig das Problem, „den ab- und zunehmenden Mond, besonders am Tage, mit freiem Auge, so erscheint uns die Breite der Sichel senkrecht zur Verbindungslinie der beiden Hörner, ebenfalls verkleinert, und man glaubt noch eine hohle Einbiegung der Lichtlinie zu sehen, wenn der Mond wirklich schon in einem der beiden Viertel steht, die Lichtgrenze also notwendig eine gerade Linie bildet. Die großen schwarzdunklen Schatten der hohen Mondgebirge nahe der Lichtgrenze bewirken einen Gesamteindruck, der dem des dunklen Himmelsgrundes ganz nahe steht und nur im Fernglase von ihm unterschieden werden kann. Nun wird Venus durch eine bei ihr noch anwendbare Vergrößerung etwa in dasselbe optische Verhältnis zu uns gesetzt, wie der Mond zum freien Auge; ist ihre Oberfläche also von Gebirgen durchzogen, so wird sich das Phänomen so gestalten müssen, wie es beobachtet wird. Wären die Gebirge aber von einer Höhe von 3—4 Meilen, so müßte die Lichtgrenze gleichsam ausgezackt erscheinen, wie die des Mondes dem freien Auge."

Beer und Mädler kommen zu dem Schluß, daß die einfache Verschmälerung der Sichel keinen Grund dafür abgebe, „der Venus höhere Gebirge zu erteilen als der Erde". Von andern Beobachtern ist aber die Lichtgrenze thatsächlich gleichsam ausgekerbt gesehen worden. Schröter fand sie oft leicht gezahnt. Gruithusen gewahrte ordentliche Zacken. De Vico in Rom gelang es einmal, im April und Mai 1841, ein riesiges

von Bergen umgebenes Thal, das einem ungeheuerlich vergrößerten Mondkrater glich, langsam in die Lichtgrenze hineinwachsen zu sehen. „In der Nähe des Nordhorns erschien zuerst ein schwarzer Fleck, der nach und nach von hellem Licht umrandet wurde, darauf als Halbring in die dunkle Seite eingriff und zuletzt als schwarzer Einschnitt zwischen zwei hellen Vorsprüngen erschien.“ In der Nähe des südlichen Horns hat zu Ende des vorigen Jahrhunderts Schröter wiederholt einen konstanten hellen Punkt beobachtet, der von der Lichtsichel durch einen schmalen schwarzen Zwischenraum getrennt war. Er schloß auf einen gewaltigen Berggipfel, für den er allerdings die unwahrscheinliche Höhe von 114 000 Fuß (weit über das Vierfache irdischer Maße, was für die so viel kleinere Venus relativ noch viel kolossaler wirkt!) herausrechnete. Schröters Resultate sind wesentlich wegen der letzteren Ziffer lange Zeit mit ziemlicher Mißachtung behandelt worden. Ganz neuerdings ist aber ein so feiner und kritischer Beobachter wie Trouvelot durchaus wieder zu ähnlichen Vermutungen zurückgekehrt. Auch er nimmt an, daß in der Nähe der Venuspole gewaltige, mit Schnee bedeckte Gebirgshörner sich über die Wolkenmassen der Atmosphäre herausheben. Die Existenz solcher Gebirgskolosse grade an den Polen hat, wenn man unsere irdischen Verhältnisse zur Vergleichung zieht, etwas Überraschendes. Um so wichtiger ist es deshalb, darauf hinzuweisen, daß auf dem Mond beide Pole von mächtigen Gebirgsgraten umsäumt werden; der Nordpol fällt in eine Ebene zwischen zwei hohen Bergketten, die sich in riesigen Spitzen aufgipfeln, für die infolge ihrer Höhe bei dieser Lage die Sonne niemals untergehen kann; um den Südpol aber starren gradezu die steilsten Hörner der ganzen uns sichtbaren Mondseite und von der Grenze der unsichtbaren reckt sich das kolossale Leibnitzgebirge zu ihm heran, dessen Hauptpiks von Mädler auf über 20 000 Par. Fuß geschätzt wurden. Das Vorhandensein eisgekrönter Alpenketten auf der Venus würde auch an sich kein Argument abgeben gegen die Hypothese, daß Venus in ihrer Entwickelung noch eine relativ jüngere Phase darstelle als die sonnenfernere und vielleicht ältere Erde. Die neuere Geologie verläßt immer mehr den Standpunkt, als wenn hohe Gebirgsformationen auf der Erde nur in späteren Epochen ihrer Entwickelungsgeschichte aufgetreten seien und an Gletscherwirkungen beispielsweise für die frühen Perioden vor der sogenannten Eiszeit schlechterdings nicht gedacht werden dürfe. So vage die versuchten Nachweise sehr alter, der Jurazeit selbst schon voraufgehender Eiszeiten vorläufig sind und so vielleicht unüberwindliche Hemmnisse sich der Rekonstruktion völlig verschwundener Gebirgsprofile entgegenstellen mögen: die Debatte über diese Dinge ist jedenfalls jetzt sehr ernstlich im Fluß. Weiter als bis zu solchen Reserven läßt sich bei dem ganz problematischen Untergrund der Dinge allerdings vorläufig die Frage der Venusberge nicht treiben, — das Momentbild, verheißungsvoll aufblitzend, wie es ist, muß genügen.

Die wirklichen oder vermeintlichen Eisberge der Venuspole sind nicht das einzige Wunder des Planeten aus der Zeit seiner Sichelgestalt. Zum Verständnis des zweiten muß man sich zunächst eine allbekannte Erscheinung an unserm Erdmonde klar vergegenwärtigen. Auch dem Laien ist es nicht fremd, daß, wenn kurz vor oder nach Neumond die schmale Mondsichel am Himmel glänzt, sehr oft der übrige, dunkle Teil der ganzen Scheibe noch durch einen matten aschgrauen Schimmer sich sichtbar macht. Bisweilen ist das Phänomen so deutlich, daß jeder, der zufällig hinblickt, seine Verwunderung darüber auszudrücken pflegt, — eine Verwunderung, die freilich bei unsern heutigen Bildungsverhältnissen leider nur selten zur Frage nach dem „Warum?“ wird.

Schon Leonardo da Vinci, der große Meister des „Abendmahl“, der nicht minder ein großer Naturforscher war, hat hundert Jahre vor Kepler und Galilei die Lösung gefunden: es ist der Wiederschein von den zu gleicher Zeit beleuchteten Teilen der Erde, was die dunkle Mondscheibe in ein vages Licht versetzt. Fast vierzehnmal stärker als der Mond die Erde, beleuchtet die riesige Erde den Mond. Und durch abermalige Reflexion erblicken wir diesen starken Erdschein auf der Mondoberfläche: als zartgrauer Lichtduft enthüllt er die ganze Scheibe und läßt die wechselnde Gestaltung ihrer Berge und Ebenen traumhaft blaß hervortreten. Einzelne Beobachter glauben sogar in seinen Farbunterschieden dieses Erdreflexes im Monde noch gewissermaßen die Gegend der Erde gespiegelt zu finden, die zur Zeit grade sonnenhell ist und dem Monde ihr Licht zuwirft: so in einem zu bestimmter Stunde beobachteten olivengrünen Scheine den Wiederschein der von wolkenfreiem Himmel überspannten, weit ausgedehnten grünen Waldungen Südamerikas, auf denen damals grade die Sonne brannte. Diese Sache ist aber problematisch.

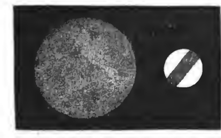
Ist bei unserm Erdmonde der Vorgang an sich über jeden Zweifel erhaben klar, so muß es um so mehr überraschen, bei der Venus zur Zeit ihrer Sichelphase eine durchaus ähnliche Erscheinung wahrzunehmen: grade die Erklärung, die beim Monde alles sagt, sagt hier nämlich gar nichts. Wenn die Erde auch um die betreffende Zeit als heller Stern am Himmel der Venus glänzt, so ist eine wahrnehmbare Erhellung durch sie doch bei solcher Entfernung absolut ausgeschlossen. Merkur kann seiner Bahn nach überhaupt nicht in Betracht kommen. Also muß diesmal das Phänomen eng zur Venus selbst gehören, — was der Sache einen äußerst merkwürdigen Charakter giebt. Über die Grundthatsache selbst besteht keinerlei Zweifel. Schon 1714 findet sich bei William Derham die Angabe, daß er neben der hellen Sichel der Venus „an ihrer Kugel den finsteren Teil wahrgenommen habe, eben wie wir im Anfange des Neumondes an dem Monde thun können“. Wilhelm Herschel sagt, „er habe mehrmals einen Teil des Randes der dunklen Halbkugel

der Venus in einem matten Lichte gesehen, und lasse es dahingestellt sein, was es eigentlich sein möchte, sei aber nicht abgeneigt zu glauben, daß vielleicht alle Planeten ein phosphoreszierendes, eigentümliches Licht haben möchten." Von neueren Beobachtern ist das aschfarbene Venuslicht bald als graugrünlich, bald als bläulichgrün oder braungrau geschildert worden. Bisweilen fehlte es vollkommen, dann war es wieder unzweideutig da. Da man früher wiederholt einen hellen, sternartigen Punkt neben der Venusscheibe gesehen zu haben glaubte, hat sich eine Zeit lang die Hypothese halten können, die Venus besitze einen sehr schwer wahrnehmbaren Mond, und dieser erzeuge das matte Licht. Aber seit 1764 ist von einem solchen Monde nichts wieder bemerkt worden, so daß seine Einführung in die Debatte nur eine Hypothese zur Basis neuer Hypothesen macht. Viel interessanter dürfte der neuerdings versuchte Nachweis sich gestalten, daß die geheimnisvolle Phosphoreszenz der Venus-Nachtseite stets in Verbindung mit heftigen Revolutionen der Sonnenoberfläche eintritt. Wir haben oben gesehen, wie die Sonnenfleckenperiode sich spiegelt in den magnetischen und elektrischen Erscheinungen der Erde. Und wir haben grade in Beziehung darauf individuelle Lichtäußerungen der sonst bloß vom Sonnenlicht erhellten Erdkugel kennen gelernt, ein wahrscheinlich durch elektrische Prozesse bewirktes Glühen gewisser Gase in den oberen Atmosphärenschichten, das die prachtvollen Strahlenkronen der Nord- und Südlichter erzeugt. Es wäre immerhin eine sehr anziehende Erklärung, wenn man auch jene scheinbare Phosphoreszenz auf eine intensive Entwickelung von Polarlichtern der Venus zur Zeit der großen Sonnenstörungen zurückführte. Wieder wäre dann ein Phänomen, das wir als speziell irdisches betrachten gelernt haben, hinausgerückt an eine zweite Stelle des Kosmos.

Mit ein paar Worten kann unsere entwickelungsgeschichtliche Betrachtung über den sonnennahesten Planeten, Merkur, hinweggehen. Wenn auch in gewissem Sinne alle Planeten sich wie Monde zur Sonne verhalten, so gilt doch von diesem kleinen Gestirn, das nur wenig größer als ein Drittel der Erde ist, in verstärktem Maße das Wort, daß er ein echter „Mond der Sonne" sei. Nach Schiaparelli's Forschungen kehrt er wie ein solcher seinem Hauptgestirn nämlich stets dieselbe Seite zu, das heißt: innerhalb eines Umlaufs dreht er sich grade einmal um seine Achse.

Man hat bei unserm Erdmonde die Annahme aufgestellt (G. H. Darwin, ein geistvoller Astronom, Sohn von Charles Darwin, hat die Gründe umsichtig zusammengetragen), daß diese eigentümliche Verlangsamung der Rotation bis zum endlichen Zusammenfallen mit der Revolution erst ein allmählich durch die große Nähe der anziehungsstarken Erde geschaffener Zustand sei. Wie bekannt, übt der Mond trotz seiner Kleinheit eine starke Wirkung auf die flüssigen Bestandteile der Erdoberfläche aus und erzeugt

das so folgenreiche Phänomen der Ebbe und Flut in unsern großen Meeren. Denken wir uns eine Zeit, da die Mondoberfläche selbst noch flüssig war, so müssen die umgekehrt von der Erde erzeugten Fluten dort ganz ungeheuerliche Dimensionen angenommen haben. Nun ist bereits die minimale Flutwirkung des Mondes auf die Erde (was schon Kant scharfsinnig erfaßte) eine Art unausgesetzten Hemmschuhs für die Eigenrotation der Erde um ihre Achse und bestrebt sich, im Laufe der Jahrtausende die Länge unseres vierundzwanzigstündigen Tages stets mehr zu vergrößern: d. h. der Erde eine langsamere Rotation zu geben. Auf dem mit Flüssigkeit bedeckten oder etwa ganz heißflüssigen Monde der Urzeit aber würde diese Wirkung sich notwendig so sehr gesteigert haben, daß sich schließlich die Rotation vollständig mit der Revolution deckte, also die eine Seite überhaupt nicht mehr der Erde zugewendet wurde, — womit der Wechsel von Ebbe und Flut zum Stillstand kam und eine dauernde Verunstaltung der Mondkugel, eine Verlängerung nach der Erdseite zu, eintrat. Gegenwärtig giebt es, nebenbei bemerkt, auf dem Monde allerdings keine konstante Flutwelle dieser Art auf der Oberfläche, — aus dem einfachen Grunde, weil der Mond gar keine größeren Wasserflächen mehr besitzt. Aber die ganze Mondkugel scheint in eigentümlicher Weise etwas gegen den Erdkörper hin verlängert: ihr Schwerpunkt liegt nach Berechnungen Hansens acht geographische Meilen jenseits des geometrischen Mittelpunktes, so daß man sagen könnte, die ganze Kugel sei nach der Erde zu blasig aufgetrieben und verkörpere damit gleichsam eine stehen gebliebene Flutwelle der einstmals plastischen, glühendflüssigen Mondmasse selbst.

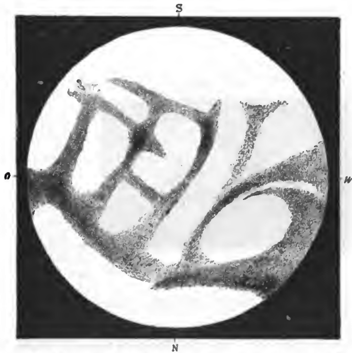


Die Erde und der Planet Merkur in ihrem wahren Größenverhältnis.
Den dunklen Streifen auf Merkur glaubten Schröter und Harding 1801 wahrzunehmen, doch zeigt ihn die auf S. 479 wiedergegebene Karte Schiaparelli's in ein sehr kompliziertes Netz aufgelöst.

Ähnliche Verhältnisse, so muß man sich denken, haben bei Merkur gewaltet und ihm eine so langsame Rotation (er braucht zum Umlauf fast genau 88 Tage, also, wenn Schiaparelli recht hat, zu einer Rotation ebensoviel!) aufgenötigt. Die Größenverhältnisse liegen allerdings hier noch recht anders als bei unserm Monde: der Mond ist bei einem Durchmesser von 3480 km nur 385 080 km von der fluterregenden Erde entfernt, Merkur dagegen mit seinem so wenig größeren Durchmesser von 4800 km volle 58 Millionen von der Sonne. Man müßte sich also schon denken,

daß der Planet eine außerordentlich lange Zeit hindurch sich in mehr oder minder flüssigem Zustande befunden und so der Sonnenanziehung besonders leichtes Spiel geboten habe.

Schiaparelli's Angaben stützen sich auf Fleckenbeobachtung bei Merkur. Die beistehende Abbildung zeigt, was das scharfe Auge des großen Forschers von solchen Flecken bemerkt zu haben glaubt: ein paar



Flecken (Umrisse von Ländern und Meeren? oder Wolkenbildungen?) auf dem Planeten Merkur.
Von Schiaparelli beobachtet.

rötliche Gebilde, sehr entfernt an die Marskarte erinnernd, aber im Detail völlig ungewiß. Die Zeichnung übertreibt sogar noch die Umrißschärfe und Schattierung. Vielleicht sind es auch hier nur dichte Wolkenbänke, in deren Spalten das Licht tiefer eindringt, so daß es sich uns entsprechend rötlicher färbt. Die Existenz einer Atmosphäre ist doppelt nachgewiesen: einmal spektralanalytisch, dann noch besonders durch die „Aureole", den Lichthof, den Merkur zeigt, wenn er dicht bei der Sonnenscheibe steht,

und der nur einer Beugung der Sonnenstrahlen durch eine der irdischen ähnliche Lufthülle zugeschrieben werden kann. Das ist aber auch so ziemlich alles, was wir über Merkur wissen. Die Existenz eines noch sonnennäheren Planeten innerhalb der Merkurbahn (Vulkan benannt) ist oft behauptet, aber durch die neueren sorgsamen Beobachtungen noch nicht bestätigt worden. Um so reichere Ausbeute, die uns für die Lücken vorläufig schadlos halten darf, bietet die Betrachtung des Planeten, der jenseits der Erde in rötlichem Lichte glänzt, des Mars.

In der phantastischen Astronomie des Pythagoras spukt die Sage von einer „Antichthon", einer Gegenerde. Mag diese nun gedacht worden sein, wie sie wolle — und man hat viel darüber gestritten —: uns drängt sich das alte Wort unwillkürlich auf, wenn wir uns anschicken, den einzigen Weltkörper des Alls zu betrachten, von dem im wahren Sinne sich sagen läßt, daß er etwas an sich habe von einer Antichthon, einer echten Gegenerde, die das Irdische noch einmal zu spiegeln scheint millionenfern von uns.



Die Erde und der Planet Mars (links) in ihrem wahren Größenverhältnis.

Mars hat die Menschheit seit vier Jahrhunderten überreich beschenkt. Seine excentrische Bahn, von Tycho's Rechenkunst bezwungen, gab Kepler Anlaß zur Entdeckung seines Fundamentalgesetzes der elliptischen Planetenbahnen. Später diente Mars als erster Anhaltspunkt für die Messung des Abstandes der Erde von der Sonne, mit dessen Kenntnis die große absolute Ziffer zur Nutzbarmachung des hochbedeutsamen dritten Kepler'schen Gesetzes gegeben war. Aber alle diese Erfolge sind weit überflügelt worden durch die gewaltigen Eroberungen der Neuzeit auf und neben dem Planeten selbst: die Herstellung der Marskarte und die Entdeckung der Marsmonde.

Mars ist ein kleiner Planet, nur ungefähr doppelt so groß wie unser Erdmond. Aber er steht von allen Planeten überhaupt am günstigsten zur Erde. Ungleich der Venus, die innerhalb der Erdbahn ihren Kreis beschreibt, zeigt er zur Zeit seiner größten Erdnähe nicht eine Sichelphase,

sondern seine voll beleuchtete Scheibe, die sich in wenig über 24 Stunden (24 St. 37 M.) einmal um ihre Achse rollt und so beide Seiten willig offenbart. Die Erde ist 150 Millionen km von der Sonne entfernt, Mars 230 Millionen. Tritt der rote Planet zur Erde in „Opposition“, d. h. steht er so, daß die Erde sich genau zwischen ihm und der Sonne befindet, so haben wir ihn also 230 weniger 150 Millionen km nah: das giebt 80 Millionen km oder gegen 10 Millionen Meilen. Dem entspricht dann allerdings eine „Konjunktion“, d. h. eine Stellung genau jenseits der Sonne, von 230+150=380 Millionen km. Die Bahnverhältnisse von Erde und Sonne ermöglichen übrigens bei der Opposition gelegentlich ein noch günstigeres Verhältnis, bei dem der Abstand auf 7⅓ Millionen Meilen sinkt, — dann nämlich, wenn zur Zeit der Opposition sich die Erde auf ihrer ja nicht genau runden, sondern elliptischen Bahn in Sonnenferne und der Mars in Sonnennähe befinden. Zu einfachen Oppositionen kommt es ungefähr alle zwei Jahre. Die hervorragend günstigen dagegen sind sehr viel seltener; so trennte die letzten der Zwischenraum von 1877 bis 1892. Zum Glück verteilt sich die Beobachtungszeit in allen Fällen über eine Reihe von Wochen.



Die weißen Polarflecke (Eismassen?) des Mars.
Gezeichnet von Warren de la Rue.

Als das Fernrohr einmal da war und die Ringwälle des Mondes zu enträtseln begann, da lag der Gedanke nahe, daß, wenn irgend eine echte planetarische Welt außer der Erde noch der näheren Ergründung genügenden Flächendurchmesser biete, es nur Mars sein könne.

Um die Zeit von Galilei's trübem Prozeß glaubte Fontana zuerst einen dunklen Fleck auf der rötlichen Scheibe zu erkennen. Am 28. November 1659 zeichnet Huygens dann schon ein Gebild, das auf der späteren Schiaparelli'schen Karte als Syrtis major bezeichnet steht. Es findet sich auf dem Marsbilde auf S. 484 nahe dem Äquator in der rechten Ecke. Und derselbe Beobachter gewahrte — eine ganz einzigartige Entdeckung — an jedem Pole des Planeten einen weißen Fleck. Unsere Erdpole decken weiße Eiskappen. War hier eine Welt, die ähnliches wies? Die Entdeckung war deshalb so entscheidend, weil sie sofort den Gedanken einführte, daß Mars sich in einem der Erde sehr ähnlichen Entwickelungsstadium befinden müsse.

Und mit jedem Schritt näher kam dieser Gedanke immer entscheidender in den Vordergrund. **Wilhelm Herschel** gab um 1781 die erste Skizze einer **Karte** des Planeten, „dessen Bewohner“, wie er sich ausdrückt, „sich wahrscheinlich einer in vieler Hinsicht ähnlichen Situation erfreuen wie wir“. Herschel bestimmte unter anderm auch die **Neigung der Marsachse** gegen die Bahn des Planeten: sie bedingt eine neue Ähnlichkeit mit der Erde. Wie bekannt, ist die Verteilung der Jahreszeiten auf der Erde wesentlich bedingt durch die Stellung der Erdachse zur Bahnebene der Erde. Diese Stellung ist keine senkrechte, sondern eine ziemlich beträchtlich schiefe. Für die einzelnen Orte der Erde bedeutet das eine ungleiche Dauer des Tages und ungleiche Erwärmung im Laufe dieser verschieden langen Tage, je nachdem die Sonnenstrahlen mehr senkrecht oder mehr schräg fallen. Das Gleiche nun stellte sich in Konsequenz der fast gleichen Achsenstellung für den Mars heraus. Also auch hier eine irdische Analogie, die beispielsweise für Jupiter mit seiner fast gar nicht geneigten Achse keineswegs mehr zutreffend war.

Weit umfangreichere Studien noch als Herschel unternahm zur Marskarte **Joh. Hieronymus Schröter** in den Jahren 1785—1803. Er verfertigte 117 Zeichnungen, die allerdings nicht mehr durch ihn zur Ausgabe gelangten, da in den Kriegswirren von 1813 seine schöne Sternwarte zu Lilienthal bei Bremen von einer rohen Soldatenhorde geplündert und damit der Forschungsmut des rastlos fleißigen Mannes gebrochen wurde; das Schicksal des Astronomen, der gleichsam mit seiner Sternwarte stirbt, kehrt zweimal in der Geschichte der Himmelskunde wieder: — zuerst bei Johannes Hevel, dem 1679 ein rachsüchtiger Diener sein selbstgeschaffenes schönes Heiligtum anzündete und der auch den Schlag nicht mehr verwunden hat. 20 Jahre nach Schröters letzten Versuchen ist es ein reicher Berliner Bankier, **Wilhelm Beer**, der, auch auf einer kleinen Privatsternwarte im Berliner Tiergarten, unter Beihilfe des jungen **Mädler** neben umfangreichster Mondforschung sich auch der Kartographie des Mars mit glänzendem Erfolge zuwendet. Jetzt entsteht als Resultat ein erstes, schon ganz anschauliches Bild: ein konstantes Zweierlei von farbigen Flecken (abgesehen von den weißen Polarmützen) — die einen mehr gelbrot, die andern grünlich oder bläulich. Das konnten keine atmosphärischen Gebilde, nicht bloß treibende Wolkenmassen wie bei Jupiter und Saturn sein. Alles sprach dafür, daß hier rötliche **Landstrecken** mit dunkleren, blaugrünen Meeresflächen wechselten. Allerdings bot die Verteilung schon auf der Beer'schen Karte von 1840 einen sonderbaren Anblick: unähnlich den riesigen Ozeanen der Erde, zwischen die das Land sich nur an bestimmten Punkten und fast ganz auf der Nordhalbkugel einlagert, schien hier ein fast gleichmäßig verteilter Hauptkontinent nur von mehr oder minder großen Binnenseen durchbrochen, von denen aus allerhand lange Fortsätze sich gleich Kanälen ins Land hinein verloren. Sehr wichtig war der Nachweis,

daß die Schneeflecken der Pole sich im Laufe der Monate vergrößerten oder zusammenzogen, je nachdem der betreffende Pol grade seinen langen Winter oder seinen langen Sommer hatte. Man sah vor Augen, was ein Beobachter an unseren Erdpolen genau ebenso von Jahr zu Jahr gewahren müßte, wenn er aus der nötigen Vogelperspektive die Dinge anschauen könnte: das periodische Hinauswandern schneebedeckter Eisflächen über die Polarmeere, das Versinken weiter Landgebiete, die im Sommer noch ein wenn auch schwaches Pflanzengrün oder jedenfalls die wechselnden Gesteinfarben gewiesen hatten, in einem ununterbrochenen weißen Schneetuch, — und dann wieder das Abschmelzen vor der auftauchenden Sonne, das Zerbröckeln der Krystalldecken zu rasch zertauenden Eisschollen und das „Offenwerden“ zahlloser Fjorde und Kanäle, die ein halbes Jahr lang ungeheure blinkende Eismassen verstopft gehalten hatten. Selbst bis in solche Einzelheiten hinein schien die Ähnlichkeit der Marsverhältnisse am Pol mit den irdischen sich zu erstrecken, daß auch auf dem Mars die Mittelpunkte der Eiskappen nicht genau mit den mathematischen zusammenfielen, so daß auch dort wie bei uns besondere Kältepole (vergl. oben) angenommen werden mußten.

Nachdem einmal Beer und Mädler das Marsstudium zu einer so vielverheißenden Beschäftigung erhoben, — nachdem feststand, worüber sich der alte Schröter noch nicht einig gewesen, daß die Flecke ernstliche Oberflächengebilde seien und nicht bloß atmosphärische Trübungen, wurde Mars eines der beliebtesten Objekte der Astronomen. Alle machten sie sich heran, John Herschel, der Kapfahrer und Galle, der Neptunsentdecker, Secchi, der frei denkende Jesuitenpater und Lord Rosse, der Besitzer des „Leviathan“. Bis zur Mitte der siebziger Jahre des Jahrhunderts lagen, mit Einschluß der ältesten von Fontana und Huygens, 391 verschiedene Zeichnungen des merkwürdigen Planeten vor, darunter 200 seit Beer und Mädler. Das wesentlichste Resultat der letzteren Campagne war dabei die unzweideutige Erkenntnis, daß, wenn auch die sichtbaren Gebilde auf der roten Kugel da oben sicherlich der eigentlichen Oberfläche und nicht einer Wolkenschicht über dieser angehörten, doch im Detail auch hier höchst unerwartete Veränderungen, und zwar nicht bloß an den Polen, vor sich gingen. Der Planet regte sich, — er lebte, wenn das Wort gestattet ist, ohne direkt gleich auf organisches Leben zu weisen. Jene Stelle, die einst Huygens schon auf seinem primitiven Umriß angedeutet, die sogenannte Syrtis major (große Syrte) oder, wie man sie auch nach ihrer Gestalt nannte: das Sanduhr-Meer (Mer du Sablier), änderte ganz unbedingt gelegentlich ihre Größe und Farbe. Fanden hier, auch im Banne vielleicht der Jahreszeiten und atmosphärischen Niederschläge, gewaltige Überschwemmungen statt, denen dann wieder Zeiten der Dürre, des Austrocknens folgten? An einzelnen Punkten sah es aus, als durchquerten Untiefen kleine Meere. Buchten änderten ihre Gestalt, wurden aus runden

Gebilden eckig oder gabelten sich. Neben diesen wirklichen Verschiebungen vorläufig rätselhafter Art fehlte es nicht an gewissen atmosphärischen Erscheinungen. Die spektralanalytische Untersuchung wies auf eine unserer irdischen durchaus entsprechende Lufthülle, gewisse momentane Trübungen waren wohl sicher Wolken und Nebeldunst. Zeitweilig auftauchende weiße

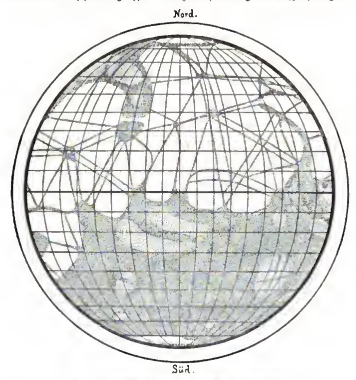


Die eine Halbkugel des Planeten Mars,
von Schiaparelli während der sechs günstigen Annäherungen des Planeten an die Erde in den Jahren 1877—1888 gezeichnet und mitgeteilt in der Zeitschrift „Himmel und Erde“ (Berlin. Paetel) Bd. I. Die hellen Teile werden als Land, die dunkleren als Meere und Kanäle bezeichnet. Gewisse Partien erscheinen bald mehr wie Land, bald scheinen sie unter Wasser zu tauchen, z. B. die Deucalionis Regio und Pyrrhae Regio (vergl. Text S. 488). Die Kanäle erscheinen hier nicht verdoppelt. (Vergl. Text S. 494 ff.)

Flächen auch fernab von den Polen ließen sich aus frischem Schneefall erklären, weiße Punkte mochten vereiste Berggipfel sein.

So war der Stand der Dinge, als im September 1877 der Planet von neuem in größter Erdnähe erschien und im Laufe des folgenden Oktober einem unvergleichlich befähigten Beobachter sich unter den besten irdischen

Sichtbarkeitsverhältnissen, was Reinheit und Ruhe der Atmosphäre anbetraf, darstellte, — dem Mailänder Astronomen Schiaparelli. Schiaparelli's Forschungen, seit damals bei jeder neuen Gelegenheit zielbewußt erneut, bilden gegenwärtig die Grundlage unseres Wissens vom Mars. Halten wir darüber Umschau möglichst an der Hand seiner eigenen Aufzeichnungen.



Die nebenstehende Halbkugel des Mars noch einmal,
doch mit verdoppelten Kanälen, wie sie von Schiaparelli 1882 und 1888 gesehen wurden.
(Vergl. Text S. 494 ff. Das Bild entstammt derselben Quelle wie die auf S. 484, 486, 487.)

„Betrachtet man," sagt Schiaparelli, „die Regionen des Planeten im allgemeinen, so kann man sie in zwei Klassen einteilen. Die erste ist diejenige, deren Teile in einer hell leuchtenden Farbe erscheinen, welche für gewöhnlich dunkelgelb oder orange, jedoch, zeitweilig und je nach der Örtlichkeit, einerseits wechseln kann zwischen allen Nuancen von Gelb bis zum reinen Weiß, andererseits zwischen allen Tönen, die zwischen Rotorange und einem tiefen Rot denkbar sind, das man mit dem des stark gebrannten

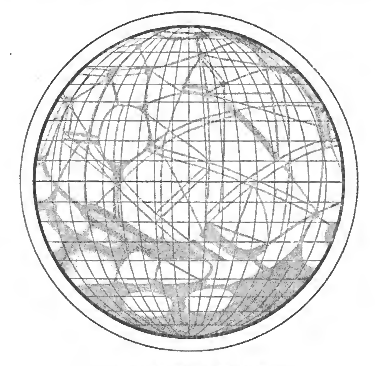
Ziegelsteines oder vielleicht besser mit der Farbe von stark abgenutztem Leder vergleichen kann. Die zweite Klasse ist diejenige der dunklen Regionen, welche die Flecken im eigentlichen Sinne bilden und deren Grundfarbe als eine Art Eisengrau erscheint, in allen irgend möglichen Abstufungen von Tiefschwarz bis zu einer Farbe, welche sich wenig von Aschgrau unterscheidet. Im allgemeinen machen die Regionen der zweiten Klasse den Eindruck



Die andere Halbkugel des Planeten Mars,
ebenfalls von Schiaparelli 1877 bis 1888 gezeichnet. (Vergl. das Bild auf S. 484.)

größerer Dunkelheit als die ersteren, aber es kommt auch vor, daß in dem Farbenwechsel, welchem viele Teile des Planeten unterworfen sind, die Regionen der ersten Kategorie eine ebenso tiefrote Farbung und jene der zweiten Kategorie einen ebenso hellen Ton annehmen, daß man nicht sagen kann, ob die einen oder die anderen dunkler sind: mit einem Worte, es ist dann weniger die Rede von verschiedener Lichtintensität, als vielmehr von verschiedenen Farben. Demungeachtet bleibt der Unterschied zwischen beiden

Arten von Regionen ziemlich permanent, mit einigen Ausnahmen, auf welche wir später zurückkommen werden. Und auf diese Unterscheidungen stützen sich die Benennungen „Länder" oder „Kontinente", welche in den Mars-Karten den Gebieten der ersten Art gewöhnlich beigelegt werden, und „Meere", welche den Gebieten der zweiten Art gegeben sind. Bei dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnis von der physischen Beschaffenheit



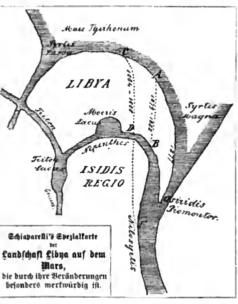
Die nebenstehende Halbkugel des Mars noch einmal,
ebenfalls mit verdoppelten Kanälen. (Vergl. Text S. 494 ff.)

des Planeten dürfen solche Benennungen nur als Hilfsmittel für unser Gedächtnis betrachtet werden und als eine Art, den Vortrag klarer und präziser zu machen, grade wie es mit den sogenannten Meeren des Mondes der Fall ist. Es genügt, einen Blick auf die diesem Artikel beigefügten Karten zu werfen, um zu begreifen, welche Leichtigkeit und Genauigkeit des Verständnisses man erlangt, indem man zum Beispiel eine kleine gelbe Stelle, welche rings von dunklen Stellen umgeben ist, „Insel", oder eine kleine

dunkle Stelle, welche rings von hellen Stellen umgeben ist, „See“ nennt; oder „Meerenge“ eine schmale und lange Zone zwischen zwei gelben Gebieten; oder „Landenge“ eine enge gelbe Zone zwischen zwei dunklen Teilen. Ebenso schnell werden sich unserer Einbildungskraft die entsprechenden Begriffe für „Meerbusen“, „Vorgebirge“, „Halbinsel“, „Kanal“ ꝛc. einprägen, deren Bezeichnung sich sonst nur auf sehr unbequeme und ungenaue Weise durch Umschreibung geben ließe. Für jetzt ist es also zweckmäßig, für den Mars Bezeichnungen geographischer Begriffe in derselben Weise zu adoptieren, wie dieses bei dem Monde geschehen, indem wir es dabei einem genaueren und vollständigeren Studium des Thatsächlichen überlassen, zu entscheiden, ob und bis zu welchem Punkte und unter welchen Bedingungen jene Namen für den Mars der Wirklichkeit oder einer Annäherung an die Wirklichkeit entsprechen. Der Komplex der Oberflächenteile der beiden Klassen, welche wir unter der angeführten Reserve Meere und Kontinente nennen werden, nimmt den größten Teil des Planeten ein. Es giebt aber verschiedene Regionen, die, soviel wir bis jetzt wissen können, wenig ausgedehnt sind, deren Natur wechselt, weil sie zuweilen den Charakter von Meeresflächen, zuweilen von Kontinenten, zuweilen selbst von beiden zu gleicher Zeit repräsentieren. Solche Regionen können je nach den verschiedenen Stellungen und Gesichtswinkeln ganz oder zum großen Teil die verschiedenen Farbennuancen zeigen, welche auf den Kontinenten, sowie auf den Meeren des Mars zu beobachten sind, indem sie derart eine Reihe von Übergängen von ersteren zu den letzteren bilden. Ihr Charakter scheint, soweit ich bis jetzt beobachten konnte, nicht untereinander gleich zu sein. Einige scheinen sich mehr der Natur der Meere, andere hingegen jener der Kontinente zu nähern. Die Begrenzung zwischen solchen Regionen und den Kontinenten und umgebenden Meeren ist nicht immer bestimmt, sondern oft gehen dieselben durch unmerkliche Abstufungen von Licht und Farbe ineinander über, sowie es in unseren Karten an verschiedenen Beispielen zu sehen ist.“

Der Leser, der unsere nach Schiaparelli gezeichnete Marskarte betrachtet (zunächst die beiden auf S. 484, 486 stehenden Halbkugeln; über die auf S. 485, 487 folgt unten näheres), gewahrt z. B. eine solche Zwitterregion, die nicht recht als Meer und auch nicht recht als Land erscheint, fast in der Mitte der ersten Kugel (S. 484), da wo man das Wort „Deucalionis Regio“ (Gegend, nach Deukalion, dem griechischen Noah, getauft) liegt. Schärfer begrenzt an der zum Kontinent (oben) gewendeten Seite, verliert sie sich nach der offenen Seeseite zu im Schatten. Die Farbe wechselt von gelblich zu weißgrau. Die benachbarte Pyrrhae Regio (nach Pyrrha, Deukalions Frau, benannt) verschwindet gelegentlich ganz in der dunkleren Meeresfärbung. Die große Insel rechts unten, Hellas, war 1877 regelmäßig rund; ihre Farbe war für gewöhnlich gleichmäßig gelb, doch einmal, am 16. Dezember 1877, fast so weiß und leuchtend wie die Polargegend. In

der Folge, bis 1880, trübte sich der Glanz nach unten zu und zwei rechtwinklig gekreuzte Kanäle, die wie ein Längen- und Breitengrad der Karte sich in der Mitte der Insel schnitten, schienen sie in vier Stücke zu teilen, zwei gelbe und zwei ungleich dunkle. 1881—82 war die ganze Insel hell aschgrau geworden und wie durch ein wachsendes Übergreifen des Meeres aus einer Kreisfläche in ein annäherndes längliches Viereck verwandelt. Von ganz besonderer Merkwürdigkeit aber erwies sich im Laufe der verschiedenen Oppositionen das Land Libya. Man findet es im Bilde S. 484 am Äquator rechts in der Ecke, nahe der Syrtis major oder magna. Schiaparelli hat von dieser Gegend noch eine Spezialkarte gezeichnet, die nebenstehend wiedergegeben ist. Er erläutert sie wie folgt: „Die „Libya“ genannte Gegend . . . . . befindet sich unter dem Äquator und kann deshalb mit Leichtigkeit bei allen Oppositionen beobachtet werden, welches auch immer die Neigung der Achse des Planeten sein mag. Diese Gegend hatte im Jahre 1877 gegen das „Mare Tyrrhenum“ und die „Syrtis magna“ hin eine von einem eleganten und regelmäßigen Bogen gebildete Begrenzung, die gegen Norden in einer langen und dünnen Spitze ihren Abschluß fand (Osiridis promontorium). Die Oberfläche dieser Spitze war von einem Schatten bedeckt, welcher um so stärker wurde, je mehr er sich dem äußersten Ende näherte. Gegen Norden war die „Libya“ von einem beinahe halbkreisförmigen Kanal begrenzt (Nepenthes), auf dessen Mitte oder Scheitelpunkt etwas wie ein großer dunkler Punkt sichtbar wurde, welchem ich den Namen „Lacus Moeris“ gab. Im Jahre 1879 fand ich, daß ein Teil der „Lybia“ von der „Syrtis magna“ eingenommen war, so daß letztere bis an die Linie AB reichte; die Strecke der „Libya“ rechts der Linie AB, ursprünglich von gelber Farbe, war völlig schwarz geworden und in der großen Dunkelheit des benachbarten Golfes verschwunden: das „Pro-



Schiaparelli's Spezialkarte der Landschaft Libya auf dem Mars, die durch ihre Veränderungen besonders merkwürdig ist.

montorium Osiridis“ also abgeschnitten und gleichsam in nichts versunken, der Lauf des „Nepenthes“ war abgekürzt und seine Mündung nach *B* verlegt, das Ufer an der „Syrtis magna“ zu einer anderen Krümmung reduziert und dem „Lacus Moeris“ bedeutend näher gerückt. Endlich war der verwaschene Schatten, welcher 1877 das „Osiridis promontorium“ bedeckte, bis zur Mitte der „Libya“ vorgeschritten, indem er zugleich den „Lacus Moeris“ einhüllte, der vorher ganz außerhalb desselben lag. Der übrige Teil der „Libya“ (d. h. die linke Hälfte) hatte eine viel dunklere rote Farbe als während der vorhergehenden Opposition. In den Jahren 1881 bis 1882 schienen mir die Dinge ungefähr auf demselben Punkte zu stehen; ich bemerkte, daß die Oberfläche der „Libya“, immer ins Rote gehend, etwa aussah wie ein rauhes Gewebe, welches den Eindruck machte, als ob es voller ganz kleiner Flecken wäre, die jedoch nicht deutlich voneinander zu trennen waren. Bei der Opposition von 1884 war das Übertreten der „Syrtis“ weiter fortgeschritten bis zur Linie *CDF*, wie aus der Zeichnung zu ersehen ist, so daß sie die „Libya“ um ein großes Gebiet, wie auch die „Regio Isidis“ um ein geringes verkleinert hatte. Der „Lacus Moeris“, welcher sich im Jahre 1877 in der Mitte des „Nepenthes“ befand, lag nunmehr fast unmittelbar an dessen Mündung. Statt eines schön gekrümmten Bogens bildete die „Libya“ zwischen der „Syrtis magna“ und dem „Mare Tyrrhenum“ einen Vorsprung, welcher nunmehr einem Winkel mit abgestumpfter Ecke glich. Auch im Jahre 1884 behielt sie, abgesehen von der dunkleren Farbe, welche sie vor den umschließenden Kontinenten auszeichnete, das gewebeartige oder flockige Aussehen, gerade als ob jenes Gebiet von unzähligen kleinen Flecken bedeckt wäre, welche ineinander verschwammen. Während der Opposition von 1886 erschien mir die Sachlage im allgemeinen von der 1884 beobachteten nicht verschieden; ich muß jedoch bemerken, daß die Beobachtungen dieses Teiles vom Wetter nicht sehr begünstigt waren. Im Mai 1888 endlich erschien die „Libya“ nahe dem mittleren Meridian sehr verdunkelt, wie solches auch bei den von Herrn Perrottin in Nizza gemachten Beobachtungen zu sehen ist. In der Nähe des rechten Randes der Marsscheibe jedoch war sie in den Tagen des 6., 7. und 8. Mai von schmutzig weißlicher Farbe, welche Erscheinung die Übereinstimmung dieser Region mit anderen kurz zuvor besprochenen vervollständigt. Der „Lacus Moeris“ blieb, wenngleich nur sehr schwer, sichtbar; er befand sich ganz nahe an der rechten unteren Ecke der „Libya“, nahe bei der Mündung des „Nepenthes“ in der „Syrtis magna“. Zu verschiedenen Malen zeigte sich die „Isidis Regio“ (unterhalb des „Nepenthes“) sehr hell, und der Kontrast mit der bräunlichen Farbe der „Libya“ wurde dadurch um so auffälliger. Während dieser selben Opposition war die Farbe der „Syrtis magna“ nicht so schwarz wie bei den vorangegangenen Oppositionen von 1877—1884, sondern von einem mehr hellen Grau (außer in einigen kleinen Streifen,

auf welche näher einzugehen jetzt nicht angezeigt ist), so daß zwischen der „Libya“ und der „Syrtis magna“ wohl eigentlich kein großer Unterschied in Bezug auf Helligkeit bestand, wenn auch die Färbung nicht dieselbe und die Grenzlinie zwischen beiden immer ziemlich deutlich war.“

Die Thatsache, die schon frühere Beobachter wahrgenommen: daß kleine Punkte der Marsoberfläche in grellem Weiß gleich den Polarkappen aufleuchteten (Schneeberge?), ist auch Schiaparelli nicht entgangen. „Flecke von mehr oder weniger lebhafterem und mehr oder weniger reinerem Weiß pflegen sich bald hier, bald dort in verschiedenen Teilen der kontinentalen Gebiete zu zeigen, im allgemeinen wenige Tage lang und ohne irgend welches in die Augen fallende Gesetz. Das hat sich während der letzten Oppositionen öfters längs des rechten Ufers der „Syrtis magna“ ereignet, und an der Küste, die von diesem zum „Sinus Sabaeus“ geht, sowie an mehreren anderen Stellen. Manchmal zeigt sich ein bemerkenswerter Teil der Planetenscheibe mit weißen Flecken gesprenkelt, wie es z. B. am 18. und 19. Januar 1882 in den Ländern zwischen dem Ganges und der „Iris“ und am 31. Januar desselben Jahres in dem zwischen „Nilosyrtis“ und „Indus“ enthaltenen Raume sich ereignet hat; auch ist es vorgekommen, daß weiße Streifen sich in der Gestalt von regelmäßigen Gürteln mit gleichförmiger Breite, die etwas schief von Nordost nach Südwest unter geringer Neigung gegen die Meridiane gerichtet waren, ausbreiteten.“

Aber auch die Meere selbst zeigen Änderungen der Färbung. „Soweit,“ berichtet Schiaparelli, „die von mir angestellten Studien gelangt sind, wage ich zu behaupten, daß sie beim Übergang vom Centralmeridian zu den schiefen Stellungen unter dem Einfluß der täglichen Bewegung ihre Farbe nicht wechseln. Wieder und wieder habe ich die Farbenänderungen der Insel „Argyre“ verfolgt, die mit zunehmender Schiefe der Gesichtslinie vom Dunkelrot zum glänzendsten Weiß überging, ohne daß irgend welcher Wechsel in der Farbe und der Dunkelheit der umliegenden Meere sich bemerkbar gemacht hätte. Dasselbe habe ich auch mehr als einmal beim Inselchen „Oenotria“ in der „Syrtis magna“ beobachtet. Diese Thatsache beweist, daß die Oberflächen der sogenannten Meere im gewissen Sinne verschiedenartig von den anderen bisher beobachteten Regionen sind, und jedenfalls muß man dieselbe als eine fundamentale bei der Erforschung der physischen Natur des Mars ansehen. Aber es ist nicht weniger gewiß, daß man von einer Opposition zur andern in den Meeren sehr merkliche Farbenveränderungen wahrnimmt. So sind das „Mare Cimmerium“, „Mare Sirenum“ und der „Lacus Solis“ die man in den Jahren 1877—1879 unter die dunkelsten Räume des Planeten rechnen konnte, in der späteren Opposition fortschreitend immer weniger schwarz geworden, und neulich (1888) waren sie von einem Hellgrau, das kaum genügte, um sie bei der in weit höherem Grade schiefen Stellung, in der sich alle drei befanden, zur Sicht-

barkeit zu bringen. In den vorgenannten Jahren 1877—1879 waren die „Syrtis magna" und die „Nilosyrtis" sehr schwarz, aber im Jahre 1888 war die „Nilosyrtis" unverändert, während die „Syrtis magna" (bis auf einen kleinen Strich unterhalb der Mündung des „Nepenthes" und einige andere sehr eng begrenzte Zonen) so hell geworden war, daß sie sehr wenig gegen die umliegenden Gebiete, namentlich gegen „Libya", abstach. Sehr hell war auch das „Mare Erythraeum" geworden, mit Ausnahme seiner drei Meerbusen „Sinus Sabaeus", „Margaritifer Sinus" und „Aurorae Sinus", welche daher nicht als drei Meerbusen desselben, sondern vielmehr als drei große isolierte Seen hätten bezeichnet werden können. Zu demselben Zeitpunkte waren dagegen das „Mare Acidelium" und der „Lacus Hyperboreus" sehr dunkel; dieser letztere schien in der That ganz schwarz, obwohl er unter einer nicht geringeren Schiefe wie die „Syrtis magna" und die oben erwähnten südlichen Meere erschien. Es ist also unzweifelhaft, daß der Zustand derjenigen Gebiete, welche man „Meere" nennt, nicht konstant ist, und vielleicht findet auch hier eine Veränderung statt, welche mit den Jahreszeiten des Planeten im Zusammenhang steht."

Alle diese Veränderungen sind gewiß in hohem Grade merkwürdig. Aber man fühlt überall, daß es Erklärungen dafür geben könnte, die doch mit dem von der Erde Bekannten Schritt hielten. Es mag daran erinnert sein, daß Mars bei so viel geringerer Größe und Masse als die Erde nicht dieselben Wirkungen der Schwere an der Oberfläche ausüben kann, wie diese. Verhältnisse im Steigen und Fallen der Gewässer beispielsweise könnten also der Natur der Stoffe nach genau den irdischen entsprechen und dabei eben wegen des geringeren Schwerewiderstandes, der zu überwinden ist, doch ganz andere Dimensionen annehmen, als wir sie bei uns kennen. Aber ein neues, zunächst überaus fremdartiges Gebiet eröffnet sich uns mit der Betrachtung des auch dem Laienauge auf der Marskarte gewiß auffälligsten Phänomens: der sogenannten „Kanäle", die das Festland nach allen Richtungen hin durchkreuzen. Und gerade ihr Studium war Schiaparelli's Hauptaufgabe, war der Boden seiner kühnsten Entdeckungen.

Die Planigloben auf S. 484, 486 weisen auf den ersten Blick, was das Wort „Kanäle" meint, und genaueres Studium zeigt eine ganze Reihe allgemeiner Eigenschaften, die jedenfalls aufs engste mit der Natur dieser eigentümlichen Gebilde zusammenhängen. „Man erkennt zunächst, daß die meisten Kanäle ungefähr in Teilen größter Kreise auf der Oberfläche der Planeten verlaufen, von welcher Regel es jedoch Ausnahmen giebt, wie bei dem Phasis, dem Simois, Gehon, Indus, der Boreosyrtis, und ganz besonders bei der Nilosyrtis hervortritt. Ferner bemerkt man noch eine andere Eigentümlichkeit, die völlig allgemein auftritt: jeder Kanal mündet an seinen beiden Enden entweder in ein Meer oder in einen See oder auch

in einen anderen Kanal oder schließlich in eine Kreuzung mehrerer derselben. Ich erinnere mich nicht, jemals eine dieser Linien plötzlich inmitten eines kontinentalen Gebietes abgebrochen beobachtet zu haben, so daß sie einen isolierten Zweig ohne weitere Verbindung bildete. **Diese Thatsache ist von der größten Wichtigkeit für die Erkenntnis der Natur dieser Gebilde.** Die Kanäle können einander unter allen möglichen Winkeln schneiden. Es giebt auf dem Planeten mehrere Stellen, wo sich drei, vier, selbst sechs und sieben derselben auf einem engen Raume treffen; dieser letztere ist dann gewöhnlich durch eine dunklere Stelle ausgezeichnet, durch einen See, dessen Ausdehnung und Aussehen zwischen gewissen Grenzen variieren können. Ein besonders ausgezeichneter Knotenpunkt dieser Art ist der „Lacus Phönicis" (S. 486 nahe dem Äquator rechts), welcher durch das Zusammentreffen von sieben Kanälen, dem Agathodämon, Eosphoros, Phasis, Araxes, Eumenides, Pyriphlegeton und Iris, gebildet wird, so daß dieselben von jenem See in ziemlich regelmäßiger Sternform ausstrahlen. Weiter zeigt das Studium der Karte, daß die Länge der Kanäle sehr verschieden sein kann; einige derselben sind kaum mehr als 10° bis 15° lang. Andere hingegen dehnen sich ohne jede Unregelmäßigkeit längs einer Linie aus, die oft den vierten Teil des ganzen Planetenumfanges einnimmt; zu diesen gehört der Euphrates, der sich mit seiner nördlichen Verlängerung vom Äquator bis beinahe zum Nordpol erstreckt, und der Erebus-Acheron, welcher mindestens 90° umfaßt; ja, wenn man einerseits den Dardanus, andererseits den Cerberus als dessen Verlängerungen ansieht, welche sich in der That ohne merkliche Unstetigkeit ihm anschließen, so bilden diese zusammen eine Linie von mehr als 160° Ausdehnung, vom „Lacus Niliacus" bis zum „Mare Cimmerium". Die große Gleichförmigkeit und die Zusammensetzung dieses Kanalsystems ist so seltsam und überraschend, daß man unwillkürlich dazu gedrängt wird, in der Verteilung dieser Linien irgend ein einfaches Gesetz zu suchen, ähnlich so wie Elie de Beaumont ehemals den Verlauf der großen Gebirgszüge der Erde seinem berühmten pentagonalen Liniensysteme glaubte unterordnen zu können. Ich bin jedoch der Meinung, daß eine solche Untersuchung gegenwärtig noch wenig Aussicht auf Erfolg haben würde, um so mehr, als man nicht vergessen darf, daß unsere zu Grunde liegende Skizze zu solchem Zwecke durchaus noch nicht genau und vollständig genug sein würde."

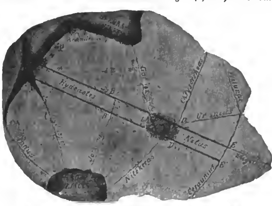
Je nach der geringeren oder besseren Sichtbarkeit, aber daneben auch noch aus offenbar in der Natur der Kanäle selbst begründeten Absonderlichkeiten bieten nämlich die Kanäle einen äußerst wechselreichen Anblick im Detail und bei öfterer Betrachtung. Schiaparelli unterscheidet für letzteres die folgenden Hauptmomente. Ein Kanal kann längere oder kürzere Zeit unsichtbar sein, und zwar unter gleichen Beobachtungsmöglichkeiten für dasselbe Fernrohr. Vielfach deutet sich der Kanal nur durch einen blassen,

unregelmäßigen Schatten an, der manchmal nur als Verdunkelung der umliegenden rötlichen Landfläche, dann wieder als grauer Streifen ähnlich einer langgestreckten Wolke erscheint. Sehr oft ist der Rand des Kanals zu beiden Seiten verwaschen, die Mitte aber dunkel, wobei auch unzweifelhaft verschiedene Struktur des Seitennebels eintreten kann. Als ganz reiner Typus erscheint der Gesamtkanal als dunkle bis völlig schwarze scharf begrenzte Linie völlig gleichförmig auf der ganzen Länge. In seltenen Ausnahmen zeigten sich beide Ränder deutlich getrennt, und dann traten daran sehr kleine Krümmungen oder Zacken hervor. Sehr verschieden ist im allgemeinen die Breite der Kanäle überhaupt, — der Schätzung nach von 300 km bis herab zu 60. Einige sichere Beispiele fanden sich, wo Kanäle am einen Ende breiter waren als am andern. Aber auch an demselben Kanal schwankt die Breite. Der Kanal Simois war im September 1877 unsichtbar, im Oktober 1877 eine feine Linie, 1879 schwarz und breit wie die größten Kanäle.

Und doch sind alle diese Veränderungen harmloses Spiel gegen das große **Wunder**, das in den achtziger Jahren immer mehr Schiaparelli's Aufmerksamkeit zu fesseln begann: die sogenannte „**Verdoppelung der Kanäle**“.

Der Leser muß jetzt die Planigloben auf S. 485 und 487 ins Auge fassen und sich als Grundthatsache vorstellen, daß dieselben Kanäle, die er auf S. 484 und 486 einfach sieht, sich bei andern Gelegenheiten in der hier angedeuteten Weise plötzlich verdoppelt zeigten. „Ein beliebiger Kanal wurde unter einer der vorhin beschriebenen Formen oder auch nacheinander unter verschiedenen derselben beobachtet; wenige Tage (oder vielleicht Stunden) darauf zeigt er sich nach einem Umformungsprozesse, dessen Details uns bis jetzt nicht aufgedeckt wurden, plötzlich doppelt, also aus zwei sehr nahe bei einander befindlichen Streifen zusammengesetzt, die gewöhnlich gleichförmig und parallel laufen; leichte Divergenzen oder Verschiedenheiten der Dicke sind ziemlich selten. In vielen Fällen konnte man durch eine genaue Vergleichung mit den umgebenden Details nachweisen, daß einer der beiden Streifen genau oder doch ungefähr die Stelle des früheren einfachen Kanals behauptet hat. Doch habe ich mich letzthin (1888) überzeugen können, daß diese Regel nicht allgemein ist, daß also in einzelnen Fällen weder die eine noch die andere der neuen Bildungen mit dem alten Kanale koincidiert. Die Übereinstimmung der Hauptrichtung und der Lage ist dann nur eine beiläufige: jede Spur des alten Kanals verschwindet, um den beiden neuen Linien Platz zu machen. Die Entfernung zwischen den beiden parallelen Linien ist von einer zur anderen Verdoppelung sehr verschieden; die obere Grenze kann auf 10 oder 12°, bei gewissen, sehr langen und unbestimmten Verdoppelungen selbst auf 15° geschätzt werden, wie es beispielsweise beim Titan 1882 und beim Gigas

1884 geschah. Was die untere Grenze betrifft, so kann dieselbe natürlich nur mit Bezug auf die Kraft des angewandten Fernrohrs und die Beobachtungsumstände bestimmt werden. 1888 waren Protonilus und Callirrhoe mit einem Zwischenraum von höchstens 3° trennbar. Oft kann man jedoch nur aus dem eigentümlichen Aussehen einer Linie mutmaßen, daß sie doppelt ist, ohne jedoch die beiden sie zusammensetzenden Linien wegen ihrer sehr geringen Entfernung voneinander trennen zu können. Die Verdoppelung einer Linie kann deshalb selbst einem aufmerksamen Beobachter leicht entgehen, wenn die beiden Linien zu schwach und einander zu nahe sind. Die gewöhnlich gleichförmige und gleiche Breite der beiden Streifen ist jedoch von einer Verdoppelung zur andern sehr verschieden und variiert von einer kaum wahrnehmbaren Linie bis zu einer Ausdehnung von ungefähr 3°; das Verhältnis dieser Breite der Streifen zu dem leuchtenden Zwischenraume, welchen sie trennt, ist aus diesem Grunde sehr verschieden



Der Kanal Hydraotes-Nilus auf dem Planeten Mars
und seine nächste Umgebung.
Gezeichnet von Schiaparelli.
Man vergleiche damit die Kärtchen auf S. 497 und S. 478, die eine Menge von Veränderungen im Detail zeigen, wie sie sich zu gewissen Zeiten darstellten.

Gewöhnlich ist der Zwischenraum breiter als jeder der Streifen; manchmal war er denselben gleich und selbst schmäler, hauptsächlich wenn die Streifen sehr breit waren. Die Farbe beider Streifen ist immer die gleiche, sowohl was ihre Art, als ihre Intensität betrifft; jedoch zeigt sie erhebliche Verschiedenheiten von einer zur anderen Verdoppelung. Bei den aus sehr schmalen Linien gebildeten Verdoppelungen ist sie gewöhnlich schwarz oder doch dunkel: die breiteren Streifen sind dagegen selten schwarz oder braun (einen bemerkenswerten Fall bot die Verdoppelung des Cyclops 1882 dar, die so kräftig und bestimmt hervortrat, daß sie sonst auf der Planetenscheibe beispiellos dastand), sondern vielmehr von einem mehr oder weniger dunklen Ziegelrot. Einige Streifen waren so blaß, daß man ihre Gegenwart kaum auf dem

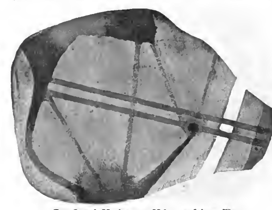
gelben Grunde des Planeten nachweisen konnte, trotzdem sie die beträchtliche Breite von mehreren Graden besaßen. In mehreren Fällen habe ich gesehen, daß an der Stelle, wo solch ein blasser Streifen von einem anderen Kanale durchschnitten wurde, eine merkliche Verstärkung der Färbung entstand. Es scheint mir, daß bei allen doppelten Kanälen die Art der Farbe dieselbe ist und daß die beobachteten Verschiedenheiten nur der Intensität der Färbung zuzuschreiben sind. Wenn ein doppelter Kanal durch einen anderen in zwei Abteilungen geschnitten wird und einer der Streifen breiter und heller auf einer Seite des Schnittpunktes ist als auf der anderen, so ist es der andere verdoppelnde Streifen auch. . . . Die Verdoppelung der Kanäle findet in verhältnismäßig kurzer Zeit und in schnellem Wechsel statt. Oft ist es durch eine sichere Beobachtung möglich gewesen, die Grenze dieser Dauer auf wenig Tage festzusetzen. Einigemale hat sich die Verwandlung in der Zeit von 24 Stunden zwischen zwei aufeinander folgenden Beobachtungen vollzogen. Soviel ich beurteilen konnte, fand diese Erscheinung zugleich auf der ganzen Länge des verdoppelten Kanales statt. In seltenen Fällen ist es möglich gewesen, einige Phasen dieses Verdoppelungsprozesses zu verfolgen. Im Januar 1882 war der Euphrates bis zum 18. d. M. sichtbar, ohne etwas Merkwürdiges zu zeigen. Am 19. erschien er bedeutend breiter und etwas nebelhaft auf der linken Seite. Am 20. machte ein dichter Nebel mir die Beobachtung unmöglich. Am 21. war die Verdoppelung völlig unzweifelhaft und vollständig. — In demselben Monat Januar 1882 war der Ganges einfach bis zum 12. Am 13. schien er rechts von einem leichten nebelhaften Streifen begleitet, welcher sich ihm in ungefähr 5° Entfernung auf seiner ganzen Länge zwischen dem „Lacus Lunae“ und dem „Fons Juventae“ anschloß. Dieser Streifen wurde am 18. und 19. unsichtbar; das ganze umgebende Gebiet war mit weißen Flecken übersäet. Diese Flecken waren am 20. nicht mehr vorhanden, aber der neue Streifen war wieder erschienen und zeigte sich dieses Mal noch schwärzer, schmäler und besser begrenzt. Er war dem Ganges ähnlich, obgleich etwas schwächer. Nunmehr war also der Ganges verdoppelt und veränderte sich nicht mehr bis zum Schluß meiner Beobachtungen im Jahre 1882. Das Auftreten einer weißen oder weißlichen Färbung um einen Kanal zur Zeit seiner Verdoppelung ist wiederholt zu verzeichnen, so 1882 beim Thoth, 1888 beim Protonilus und dem Nepenthes. Diese weiße Färbung zeigte sich sehr deutlich zwischen den beiden Linien der Verdoppelung. Ziemlich häufig habe ich gesehen, wie sich die beiden Linien aus einer grauen, mehr oder weniger dichten, in der Richtung des Kanals sich ausbreitenden Nebelmasse gleichzeitig loslösten, und mir scheint es fast, daß dieser nebelhafte Zustand eine hauptsächliche Erscheinung bei der Bildung der Verdoppelungen ist. Aber man darf daraus nicht schließen, daß es sich hier um Objekte handelt, welche hinter einer Art von Nebel verborgen

bleiben und dann nach dessen Verschwinden sichtbar werden. Soweit ich die Sache beurteilen konnte, ist das, was hier als Nebel erscheint, keineswegs ein Hindernis, vorher vorhandene Objekte zu sehen, sondern vielmehr eine Materie, in welcher sich die vorher nicht vorhandenen Formen nach und nach abzeichnen. Um meine Gedanken deutlicher auszudrücken, möchte ich sagen, daß der Prozeß nicht zu vergleichen ist mit dem deutlicher werdenden Hervortreten von Objekten aus einem sich auflösenden Nebel, sondern vielmehr mit einer Menge unregelmäßig verteilter Soldaten, welche sich nach und nach in Reihen und Kolonnen ordnen. Ich muß hier hinzufügen, daß dieses nur als ein Eindruck zu betrachten ist, und nicht etwa als durchdachtes Resultat eigentlicher Beobachtungen. Da es für die Verdoppelungen eine Zeit des Erscheinens giebt, so muß auch eine Epoche existieren, zu welcher sie verschwinden oder auf irgend eine Weise vergehen. Unglücklicherweise habe ich noch nichts Sicheres in Bezug auf diese Phase der Erscheinung beobachten können; ich kann nur sagen, daß einige Verdoppelungen von 1882 in den folgenden Oppositionen nicht mehr sichtbar waren. Der Kanal war einfach oder selbst völlig unsichtbar geworden. In vielen Fällen konnte die größere Entfernung des Planeten, oder der ungenügende Zustand der irdischen Atmosphäre eine annehmbare oder doch mögliche Erklärung für diese verschwundenen Verdoppelungen abgeben. — Ich glaube, daß diese Erscheinungen einen periodischen Charakter besitzen, doch kann man eine solche Periodicität erst ohne Zögern behaupten, nachdem man diese Verdoppelungen mehreremale nacheinander erscheinen und wieder verschwinden gesehen haben wird, während allerdings die bis jetzt angestellten Beobachtungen sie genügend wahrscheinlich machen. Im Jahre 1877 konnte keine Spur der Verdoppelungen während der Wochen nachgewiesen werden, welche dem südlichen Solstiz vorangingen oder folgten. Ein vereinzelter



Der Kanal Hydraotes-Nilus auf dem Mars.
Gezeichnet von Schiaparelli 1882.
Wenn man mit der Zeichnung auf S. 495 vergleicht, sieht man, daß von Hydraotes nur die Linie *AB* vorhanden ist. Lacus Lunae in der Mitte hat eine trapezoidische Gestalt mit einer leuchtenden Insel in der Mitte. Jamuna, Niloceras und Ganges erscheinen verdoppelt.

Fall wurde 1879 bemerkt. Am 26. Dezember habe ich den doppelten Zustand des Nilus zwischen dem „Lacus Lunae“ und dem breiten, Ceraunius genannten Streifen nachgewiesen, und zwar einen Monat vor der Frühlingsnachtgleiche. (Ich nenne hier Frühlingsnachtgleiche den Übergang der Sonne von der südlichen zur nördlichen Halbkugel des Planeten.) Diese Wahrnehmung überraschte mich ein wenig, aber ich nahm sie für etwas Zufälliges. Während der Opposition von 1881—1882 habe ich die Wiederholung dieser Wahrnehmung erwartet. Sie fand in der That statt, aber einen Monat nach der Frühlingsnachtgleiche, am 12. Januar 1882. Zu dieser Zeit waren schon mehrere andere Verdoppelungen sichtbar geworden und bald darauf war der Planet davon erfüllt; im Laufe zweier Monate, vom 19. Dezember bis zum 22. Februar habe ich etwa 30 Verdoppelungen nachweisen können. Während der Opposition von 1884 habe ich deren nur einige deutlich sehen können; mehrere andere schienen vorhanden zu sein, aber sie waren nicht deutlich genug. Das war zwei bis drei Monate vor dem nördlichen Solstiz. Im Jahre 1886 (zur Zeit des nördlichen Solstizes, einen Monat vorher und einen Monat nachher) war die größte Zahl der Verdoppelungen nicht mehr vorhanden. Viele Kanäle waren einfach geworden, andere verschwunden, doch waren mehrere noch deutlich doppelt, u. a. auch der Hydraotes mit seltener Bestimmtheit. Einige dieser Verdoppelungen wurden zur gleichen Zeit auf der Sternwarte zu Nizza von Herrn Perrotin und seinen Mitarbeitern nachgewiesen. Endlich begannen im Mai bis Juni 1888 (zwei oder drei Monate nach dem nördlichen Solstiz) die Kanäle sich von neuem zu verdoppeln, darunter einige, welche bis dahin einfach geblieben waren, während andere einfach blieben, welche 1882 doppelt waren. Die Gesamtheit der Beobachtungen giebt der Meinung einiges Gewicht, daß die Erscheinung sich nach der Periode der Jahreszeiten



Der Kanal Hydraotes-Nilus auf dem Mars.
Gezeichnet von Schiaparelli 1886.
(Vergl. die Bilder auf S. 495 und 497.)
Hydraotes und Nilus sind jetzt beide stark verdoppelt, von roter, dunklerer Farbe als der umgebende gelbe Grund. Nilocerus, schwarz und sehr stark, endigt in dickem, schwarzem Punkt. Die andern Kanäle sind jetzt nicht verdoppelt.

des Mars richtet und daß ihre größte Fülle ein wenig nach der Frühlingsnachtgleiche und ein wenig vor der Herbstnachtgleiche stattfindet und daß endlich die Verdoppelungen, nachdem sie einige Monate gedauert haben, größtenteils zur Zeit des nördlichen Solstizes vergehen und zum südlichen Solstiz sämtlich verschwinden. Wir haben schon oben erfahren, daß auf dem Planeten eine gewisse Anzahl von Knotenpunkten existiert, d. h. Stellen, gegen welche, mehr oder weniger genau, mehrere Kanäle konvergieren. Das Aussehen dieser Knotenpunkte verändert sich in ähnlicher Weise wie das der Kanäle. Wenn die Kanäle, welche in diesem Knotenpunkte endigen, unsichtbar sind, so ist es der Knotenpunkt auch, oder kündigt sich höchstens durch einen leichten diffusen Schatten an. Das Erscheinen der Kanäle als einfache oder doppelte Linien von bestimmter Richtung bringt in dem Knotenpunkte ein Liniennetz hervor, dessen Beschaffenheit gewöhnlich wegen der großen Menge von Einzelheiten, die sich dann auf einen relativ kleinen Raum zusammendrängen, unmöglich festzustellen ist. Die Verwirrung vermehrt sich in den meisten Fällen noch durch eine Art von ziemlich starkem und verschwommenem Schatten, welcher den Knotenpunkt umgiebt und ihn wie einen mehr oder weniger deutlichen Fleck erscheinen läßt, der sich manchmal in einen eigentlichen See von schwarzer Farbe und deutlicher Umgrenzung verwandelt."

Die drei Detailfiguren (S. 495, 497, 498), die eine bestimmte kanalreiche Gegend während mehrerer Oppositionen zur Darstellung bringen, mögen die zahlreichen Verwandlungen noch an einem bildlichen Beispiel erläutern, dessen sorgfältige Vergleichung der Leser sich nicht verdrießen lassen sollte.

Das ist im großen Umriß das Wesentlichste, was zur Stunde über Mars vorliegt. Das heißt: das rein empirische Material. Es verlangt wenigstens in seinem letzten Teile allenthalben nach Deutungen, die das Unbegreifliche, das Widerspruchsvolle verknüpfen. Daß die weißen Polarflecke Eis, daß die gelben Flächen Land, die dunkleren, bläulichen Meer sein möchten, ist ein äußerst naheliegender Schluß. Aber schon die veränderlichen Gebilde, die bald Land, bald See scheinen, geben Rätsel auf. Die Rätsel mehren sich mit den Kanälen. Endlich kommt mit der Zweiteilung der Kanäle eine Steigerung, die zum Unerwartetsten im ganzen Kosmos gezählt werden muß.

Versuchen wir wenigstens mit ein paar spekulativen Gedanken hier durchzudringen. Schiaparelli hat oben in seiner vorsichtigen Art darauf hingewiesen, man werde mit Hinblick auf die Verteilung des seltsamen Kanalsystems an irgend ein Gesetz erinnert, ähnlich gewissen geologischen Theorien über irdische Gebirgsbildung, wie sie einst Elie de Beaumont aufgestellt. Die Beaumont'schen Ansichten sind nun allerdings von der heutigen Geologie im einzelnen ganz verlassen. Aber der gelegentliche

Hinweis ist deshalb interessant, weil er gleichsam an ein negatives Phänomen der Marsoberfläche gemahnt. Wir haben von vielleicht vorhandenen Bergen der Venus gehört. Jeder kennt aus eigenem Anblick die bergige Mondscheibe. Man hat auf dem Mars weiße Punkte als isolierte Gipfel gedeutet. Aber die ganze Marskarte, wie wir sie vor Augen haben, widerspricht entschieden der Annahme, als könne von großen Gebirgsketten nach Art der irdischen auf dem roten Planeten die Rede sein. Keine Spur eines auffälligen Reliefs hat sich bemerkbar gemacht. Und die Durchkreuzung des gesamten Landgürtels durch Kanäle und immer wieder Kanäle, die direkte Zersplitterung in lauter mäßig große Inseln macht es in hohem Grade unwahrscheinlich, daß irgendwo eine solche Kette bestehen sollte. Vor diesem Phänomen ist es nun grade die Gebirgsbildungs-Theorie der neueren Geologie, die zu interessanten Ausblicken führt. Was beweist es, wenn die Erde große Kettengebirge besitzt, der Mars dagegen nicht?

Die moderne geologische Hauptschule ist der Meinung, daß das Relief der Erdoberfläche, wie wir es vor Augen haben (und wahrscheinlich auch das früherer Epochen der Erdgeschichte) wesentlich das Produkt ist zweier einander entgegenarbeitender Mächte. Auf der einen Seite nagen die Gewässer unablässig am Gestein auch des härtesten Gebirges. Ein paar Millionen Jahre Zeit und das ganze Relief der Erde würde unabänderlich bis zum Meeresspiegel abgetragen sein, auch die Erde hätte nur noch flaches, beständigen Überschwemmungen ausgesetztes Land. Aber ein zweiter, nicht minder starker Faktor wirkt bei uns, wie die Dinge jetzt noch liegen, dieser Allnivellierung durch die „Erosion“ entgegen, hält ihr gleichsam die Stange: die gebirgsbildende Thätigkeit der Erde. Es ist eine unbestreitbare Thatsache, daß, so emsig auch die Feuchtigkeitshülle der Erde das Relief herunternagt, dieses doch von unten her, durch eigene Kraft, wieder emporquillt. Die Ursache nun dieser unabhängigen Gebirgsbildung sucht die neuere Geologie in der durch Abkühlung bedingten allmählichen Zusammenziehung der Erde. Diese Zusammenziehung bewirkt ein langsames Aufsteigen von Gebirgsketten hier, dort ein Abstürzen breiter Landmassen, das tiefe Senkungsfelder schafft, in denen die Meerwasser sich sammeln und dem Gesamtniveau des Ozeans einen niedrigeren Spiegel ansetzen. Ich werde bei Betrachtung der engeren Erdgeschichte noch eingehend auf diese in hohem Grade durch die allerneueste Forschung und kühnste Gedankenarbeit einzelner erhellten Probleme eingehen. Hier genügt uns die Nutzanwendung auf den Mars. Es läßt sich schwer leugnen, daß jene die Erosion paralysierende Kraft der Gebirgsbildung ein Ende nehmen müßte mit dem Moment, da die Zusammenziehung der Erde zu einem gewissen Stillstand gekommen wäre oder wenigstens ein so geringes Maß angenommen hätte, daß die Wage ungleich würde. Die Erosion erhielte im letzteren Fall einen Vorsprung, dessen Bedeutung mit jedem Jahrtausend sich mehr geltend machte. Man

sieht, es taucht hier, wenn man die Erde im Auge behält, ein vages Zukunftsbild auf. Ist dieses Zukunftsbild nun vielleicht ein Gegenwartsbild des Mars? Ist Mars, kleiner als die Erde (wenn wir die Kant-Laplace'sche Hypothese gelten lassen wollen, auch älter), bereits in ein Stadium der Entwickelung, d. h. der Erkaltung und Zusammenziehung eingetreten jenseits der Erde, — dorthin, wo die Erosion Allgewalt erhalten, die letzten Gebirge abgetragen und die Festlandkante dem Meeresspiegel bedrohlich nahe gebracht hat? Das würfe Licht auf die „schwankenden Inseln", die bald unter, bald über Wasser erscheinen. Man könnte einen Moment die Spekulation noch weiter treiben. Man könnte, worauf Schiaparelli selbst gelegentlich verweist, der Thatsache Gewicht beimessen, daß die Richtung der vom Äquator auslaufenden Hauptkanäle sich zum Teil mit der der Passatwinde decke, was auch für eine wachsende, landzerstörende Macht der Meereswogen spricht, — von wo kein großer Sprung ist zu der Annahme, die sämtlichen Kanäle seien alte Flußläufe, die mit Abnahme der Gebirge das Meer gleichsam erobert und zu Kanälen umgeschaffen habe.

Es sind wahrhaft ungeheuerliche geologische Perspektiven, die sich da eröffnen. Man wird ihnen gegenüber indessen nicht vergessen dürfen, daß ihr Ausgangspunkt nicht alle rätselhaften Thatsachen gleichmäßig umschloß. Jene „Verdoppelung" der Kanäle vernachlässigt er ganz. Und doch liegt auch hier ein Faktum vor. Die kühnsten Versuche aller Art sind gemacht worden, diesen Verdoppelungen eine, ich möchte sagen, harmlose Erklärung zu geben, d. h. sie durch irgend ein mehr oder minder optisches Phänomen, dessen Veranlassung allerdings in der Marsatmosphäre selbst liegen sollte, ihrer Unheimlichkeit zu entkleiden.*) Man mag solchen Versuchen theoretisch recht geben, aber die innere Empfindung wird bleiben, daß eben doch etwas ganz Außergewöhnliches, „Unirdisches" hier vorliegen könnte.

Noch einen Gesichtspunkt darf auch die allervorsichtigste Behandlung der Marsprobleme nicht schlankweg beiseite lassen. Er betrifft die Möglichkeit einer Veränderung und Ausgestaltung der Marsoberfläche durch die

*) „In der Pariser Akademie hat kürzlich Meunier eine durch ihre Einfachheit originelle Hypothese angekündigt. Meunier trug mittelst eines schwarzen Firnis die hauptsächlichsten Linien und Flecke der Marskarte auf eine polierte Metallfläche auf (später experimentierte er auch mit sphärischen Flächen) und beleuchtete letztere durch den Strahl einer Lichtquelle; dann hielt er über die Fläche, parallel mit ihr und wenige Millimeter entfernt, einen mit feinem Mousselin bespannten Rahmen. Die Linien und Flecke waren dann auf dem Gewebe doppelt wahrnehmbar. Meunier meint nun, indem er diesen Versuch auf die Erklärung der Verdoppelung der Marskanäle anwendet, daß das Luftmeer des Mars nicht immer klar, sondern bisweilen vielfach mit Nebel angefüllt sei, welcher sich auf große Entfernungen hin zu einer Nebelfläche ausbreiten und, von der Erde aus gesehen, eine feine Durchsichtigkeit, wie die Mousselindecke über der Metallfläche, zeigen könne. Die von der Sonne kommenden Strahlen werden von der

Thätigkeit intelligenter Wesen. Die klimatischen und atmosphärischen Bedingungen des Planeten widersprechen in nichts den uns bekannten Bedingungen des organischen Lebens. Wir haben allerdings keinerlei direkte Kenntnis darüber, daß organisches Leben sich auf irgend einem anderen Weltkörper als der Erde überhaupt entwickelt habe. Aber unsere Anschauung von diesem Leben auf der Erde selbst ist in den letzten fünfzig Jahren eine derartige geworden, daß theoretische Gründe dagegen nicht mehr recht verfangen wollen. Wir sehen das „Leben“ zwar noch als einen überaus merkwürdigen, aber doch innerhalb des ganzen natürlichen Geschehens nicht mehr als einen isolierten Prozeß an. Wir sehen es in der Erdgeschichte auftreten von einem gewissen Moment ab (dessen Grenze allerdings sehr willkürlich gegeben ist durch die Unvollkommenheit der paläontologischen Überlieferung), wir gewahren seine Entwickelung unter dem Drucke der Existenzbedingungen, und wir gewahren aus ihm schließlich hervorgehend als Krone aller Selbsterhaltungsregulierungen und Anpassungsmöglichkeiten den Menschen, der seine Organe gleichsam nach außen projiziert, sich Werkzeuge und Maschinen baut, anstatt neue Krallen oder Flughäute zu entwickeln, sich mit wechselnder Kleidung bedeckt statt des direkten Wollhaars, sich durch die Sprache zu einer höheren Gesamtgemeinschaft aller Individuen unter völliger Aufrechterhaltung des Individuellen erhebt und durch die Schrift sich sogar mit den voraufgegangenen und kommenden Generationen vereinigt, dem Tode des Individuums zum Trotz. Über die erste Entstehung organischen Lebens auf der Erde wissen wir allerdings vorläufig nichts. Aber die stoffliche Zusammensetzung der niedrigsten gegenwärtig bekannten Lebensformen, denen jene ältesten höchstwahrscheinlich sehr stark geglichen haben, giebt keinerlei Anlaß, hier einen Bruch im Naturganzen zu vermuten. Sie führt das Lebensproblem einfach über in das Gebiet kompliziertester chemischer Probleme, von dem es im Grunde nur die vermeintliche Einfachheit der letzteren so lange Zeit getrennt hatte, — eine Einfachheit, die im Augenblick auch aufs äußerste in die Brüche geht und der Erkenntnis Platz giebt, daß wir so heillos wenig von der inneren

Marsoberfläche reflektiert und die Schatten der Kanäle werden uns auf der Nebelfläche sichtbar: wir sehen die Kanäle doppelt. Die Unregelmäßigkeiten, welche Schiaparelli in den Verdoppelungserscheinungen beobachtet hat, wie das Vorkommen von nicht parallelen Verdoppelungen, oder das Fehlen der Verdoppelung auf einzelnen Strecken, lassen sich nach Meunier durch die unregelmäßige Begrenzung der Nebeldecke erklären. Die beträchtlichen Veränderungen, die man in der Verdoppelung an denselben Objekten zu verschiedenen Zeiten konstatiert hat, führt der Verfasser auf die variierende Höhe der Nebeldecke und auf den mit der Bewegung der Erde sich ändernden Winkel zurück, unter welchem wir unsere Beobachtungen machen. Die Verschiebung der Lage der Kanale, welche Schiaparelli beobachtet hat, sei durch Refraktionserscheinungen in der Marsatmosphare, bei welchen der Dampfgehalt dieser letzteren eine Rolle spiele, veranlaßt.“ (Zeitschrift „Himmel und Erde“, Bd. V, S. 185 ff.)

Natur der chemischen Prozesse und der ganzen „anorganischen" Vorgänge wissen, daß eine Sonderung des Organischen als nicht dazu gehörig ein verhängnisvoller Vorgriff sein müßte. Das Wesentlichste, was diese ganze echt moderne Auffassung uns für unser weiteres Problem liefert, ist der Satz, daß das Leben in all seinen uns bekannten Verzweigungen unter den für die Erde gegebenen Bedingungen eine *Notwendigkeit* war. Wiederholt sich nun die Mehrzahl dieser Bedingungen anderswo sichtbarlich, so ist die Wahrscheinlichkeit eine sehr hohe, daß auch dort organisches Leben sich ähnlich als „notwendig" ergeben habe. *Das trifft für Mars sehr gut zu.* Dem weiteren Schluß, daß, wenn einmal Leben in der uns bekannten Grundform da war, nun auch die Stufe hoher Intelligenz von ihm erreicht worden sei, könnte höchstens die Zeitfrage in den Weg treten. Ist aber Mars so alt oder gar älter als die Erde, so wachsen (bei der jedenfalls früher erfolgten Abkühlung der Oberfläche) umgekehrt grade von hier aus die Chancen dafür, daß dort die Intelligenzstufe im Sinne klar bewußter Wesen bereits wirklich erreicht sei. Spuren jetzt solcher Intelligenz in der Anwesenheit jener zahllosen *Kanäle* zu erblicken, wäre wohl — gesetzt daß jenes Rätsel der Verdoppelung sich irgendwie optisch erklärte — der kleinste Schritt auf dem Wege. Wir Menschen auf der Erde, — darüber wollen wir uns mit unseren paar Überlieferungsjahrtausenden wohl keinen Illusionen hingeben, — stehen erst im *Anfangsstadium* der wahren *Beherrschung*, d. i. der uns angenehmen *Umgestaltung unseres Planeten.* Wer aus der Marsperspektive die Erde anschaute, der würde wenig von unseren Leistungen gewahren, denn selbst unsere Großstädte wären ihm ein winziges, regungsloses Pünktchen in viel besseren als Schiaparelli's Instrumenten.*) Dennoch, wenn wir unsere Landkarten zur Hand nehmen, so gewahren wir in den besten Kulturländern ein Bestreben eben in der Richtung der Durchquerung des Landes mit Kanälen zu Kulturzwecken. Die gewundenen, schwer regulierbaren Flußläufe werden ersetzt durch Kanäle. Schmale Landbrücken zwischen Kontinenten werden durchbrochen. In den Hoffnungen des Parisers, des Berliners dämmert schon heute das Bild einer ungehemmten Kanalverbindung mit dem Meer. Nun denke man sich dazu günstige physische Verhältnisse:

---

*) Für seine 1877—1884 angestellten Marsbeobachtungen giebt Schiaparelli als letzte, seinem Fernrohr noch sichtbare fleckenartige Objekte (bei günstigen atmosphärischen und sonstigen Verhältnissen) solche von 1/50 des Marsdurchmessers an. Das macht eine wahre Größe des kleinsten noch erkennbaren Gegenstandes dieser Art von 137 km. Seen wie der Tsad-See oder Inseln wie Sizilien können also noch eben wahrgenommen werden. Linien (Kanäle) konnten noch festgestellt werden bei einem Durchmesser von 70 km. Das Instrument, das dabei verwendet wurde, war ein sehr gutes, konnte sich aber etwa mit dem Koloß der Lick-Sternwarte in der Größe lange nicht messen. Es mag da also in der Folge noch ein weiter Spielraum gegeben sein. Schiaparelli berichtet von einzelnen Momenten seiner Beobachtung, wo die Atmosphäre ganz

geringere Schwere, die alle mechanische Leistung erleichterte; Schwinden der Gebirge; einen allgemein holländischen Landschaftstypus. Man muß nicht vergessen, daß eine Durchsetzung der Binnenebenen mit breiten Kanälen auch eingreifende klimatische Veränderungen zur Folge hätte, und zwar sehr angenehme für die Bewohner. Es liegt in der Gradlinigkeit der Marskanäle, in ihrem offenkundigen Bestreben, stets von Wasser zu Wasser Verbindungen herzustellen, etwas, was allen diesen „intelligenten" Spekulationen das Wort reden möchte. Die Natur ist sonst, wo nicht Intelligenz eingreift, merkwürdig arm an ganz mathematisch graden Linien. Kurz, die Gedankenwelle fließt hier sehr glatt, wohin man sich wenden mag. Dennoch bleibt Spekulation Spekulation, und wir wollen auch diesen Überlegungen bei Leibe nichts Zwingendes beimessen. Erwähnt mußten sie nur werden: dazu sind sie zu wertvoll schon aus dem allgemeinen Grunde, weil sie uns aufmerksam machen auf die Berechtigung, organisches Leben und von ihm ausgehende bewußte Intelligenz auf Weltkörpern, die gewisse irdische Bedingungen erfüllen, als Faktor wenigstens skrupellos vorauszusetzen. Es giebt Köpfe, die sich hier hartnäckig sträuben, dagegen zufrieden sind, wenn irgend eine Hypothese mit elektrischer Abstoßung oder dergl. wirtschaftet. In Wahrheit sollte man sich klar darüber bleiben, daß das Bereich etwa der kosmischen Elektricität uns vorläufig durchaus nicht vertrauter ist als das der organischen und intelligenten Prozesse im Kosmos.

Noch einen Moment müssen wir bei Mars verweilen, wenigstens in seiner Nähe. Wir erinnern uns aus dem einleitenden Buche, wie der große Galilei mit seinem neuen Fernrohr glanzvoll die Frage nach der Existenz fremder Planetenmonde gelöst und die vier Trabanten des Jupiter entdeckt hatte. Sein erster Nachfolger war Huygens. Er fand 1655 einen ersten Mond bei Saturn, den Titan. Aber sogleich nach dieser verheißungsreichen That legte er sein Rohr beiseite, und erst Cassini mußte später die Saturnwelt wieder vermehren. Das weitere Suchen sei nämlich nutzlos, meinte Huygens. Man habe jetzt vier Jupitermonde, einen Saturnmond

---

ruhig wurde; da schien es, als wenn jäh ein Schleier von dem Planeten gezogen sei, und er zeigte sich wie eine verwickelte, mehrfarbige Stickerei. Es blieb bei den Momenten, — Wiedergabe war nicht möglich. Wie viel wird da noch zu sehen sein, wenn es einmal gelingt, alle solche Glücksmomente auszunutzen! — Als Vergleichungspunkt zu den mitgeteilten Sichtbarkeitsmaßen für Mars mag hier noch erwähnt sein, daß auf der großen Mondkarte von Julius Schmidt, die sechs Pariser Fuß im Durchmesser hat, eine Großstadt wie Wien als Objekt von etwa 4,6 mm Länge und 3 mm Breite erscheinen müßte, wenn man sie auf den Mond übertragen denkt. Aber wie nah steht uns auch der Mond im Verhältnis zu Mars und wie scharf sind die von keiner dichten Atmosphäre umwogten Konturen seiner Oberfläche!

und einen Mond der Erde: zusammen sechs. Das entspreche der Zahl der Planeten (man kannte ja damals auch erst sechs!) und mehr Monde als Planeten könne es unmöglich geben. Das Beispiel ist in hohem Grade charakteristisch für den Fluch, der an vorgefaßten theoretischen Meinungen, die zum Dogma versteinert sind, allezeit gehaftet hat. Es scheint aber grade die Geschichte der Monde besonders günstiges Terrain zur Exemplifizierung solcher bösen Wirkungen gewesen zu sein, denn etwas wenigstens Vergleichbares zeigte sich auch bei Mars.

Schon Kepler hat die Nähe des roten Sterns abgesucht, ob sie nicht einen Trabanten weise. Er fand nichts. Wilhelm Herschel kehrte ebenso leer heim. Bei der Opposition von 1864 machte d'Arrest in Kopenhagen die Jagd auf den Marsmond zu einem umfassenden Spezialstudium. Als Resultat sprach er es aufs allerbestimmteste aus, daß hier jede Mühe verloren sei. Es könne überhaupt kein Marsmond existieren, der einen Durchmesser auch nur von zwei bis drei Meilen besitze. Das „Faktum" kam in die kritischsten Lehrbücher, und die Theoretiker hatten mit Falstaffs Wort wieder Gründe so reichlich wie Brombeeren, warum es keinen Marsmond geben dürfe. Als aber die neue so sehr günstige Opposition von 1877, dieselbe, der auch Schiaparelli so viel verdankte, kam, zerbrachen alle Kartenhäuser. Vor dem 26zölligen Refraktor zu Washington saß der Astronom Hall und sondierte zu einem letzten Versuch die Nähe des Planeten. Auch ihn hatte d'Arrest mutlos gemacht, er erwartete nichts. Aber auch in der Astronomie hat bisweilen der Satz gegolten: „Cherchez la femme", — allerdings, wie denn alles von dieser schönen Wissenschaft wie verklärt wird, im besten Sinne. Schon dem alten Herschel war seine Schwester die unentbehrlichste Assistentin gewesen, die selber „ihre Kometen" fand. Auch neben Hall nun stand seine Frau. Sie drängte ihn in glücklichem Instinkt, doch noch einmal zu suchen. In der Nacht zum 12. August, gegen 1/4 3, zeigte sich östlich vom Planeten ein winziges Sternchen, — ein vager Funken im Dunkeln gleich jenem einst, der dem Auge des Columbus in jener heiligen Nacht zum 12. Oktober 1492 erschienen war. Das Wetter wurde schlecht, und erst am 16. ließ Mars sich wieder deutlich blicken. Das Sternchen stand auf der anderen Seite. Die Beobachtungen der Nacht wiesen unzweideutig seine Bewegung. Der nächste Abend fand den Forscher voll hochgradigster Erwartung am Fernrohr. Während er aber den bereits gesehenen Trabanten wieder erwartet, blitzt in noch größerer Nähe des Planeten an unerwartetstem Ort ein zweites Lichtpünktchen auf. Statt eines Marsmondes ergaben sich gleich zwei. Der innere Mond übertraf allerdings alles je zu Vermutende. In ein und derselben Nacht tauchte er rechts und links vom Hauptplaneten auf. Da nun Mars, wie wir schon gesehen haben, seine Rotation nahezu in gleicher Vierundzwanzigstundenfrist wie unsere Erde ausführt, so mußte

er hier einen Begleiter haben, der ihm — eine unerhörte Ausnahme — mit seinem eigenen Umlauf zuvorkam, d. h. rascher um den Planeten sauste, als dieser um seine Achse schwang. Nach allerhand Sträuben gegen diesen wunderlichen Thatbestand stellte Hall schließlich fest, daß wirklich der innere Marsmond nur etwa ein Drittel der Vierundzwanzigstunden, die ein Marstag umfaßt, braucht, um einmal um den ganzen Planeten herumzukreisen.

Wunderliche Gebilde sind es im Grunde alle beide, diese Marsmonde. Der äußere, Deimos, ist 23 300 km, also 3½mal den Halbmesser des Mars, vom Planeten entfernt (unser Erdmond steht über 60 Erdhalbmesser von uns ab!) und umkreist ihn in etwas mehr als 30 Stunden. Der innere, Phobos, kommt dem Planeten in nächstem Stand bis auf 6000 km nahe, eine Strecke, die bei uns noch nicht ganz die Kapstadt von London trennt. Dabei braucht Phobos zum Umlauf nur 7⅔ Stunden. Vom Mars selbst gesehen, der sich so sehr viel langsamer um seine Achse wälzt, muß das ein äußerst merkwürdiges Schauspiel hervorbringen: ganz ausnahmsweise wird nämlich hier ein Himmelskörper nicht in die scheinbare Drehung von Ost nach West für den Beobachter hineingerissen, sondern Phobos geht im Westen auf und im Osten unter, als stände der Planet relativ still. Die Durchmesser der Monde scheinen — und hier hat d'Arrest wenigstens recht bekommen — nicht über zwei deutsche Meilen hinauszukommen, wir haben also hier wirklich die Zwerge unter den Monden vor uns.

Wir stehen am Ende unserer Wanderung durch die Marswelt. Ein Ahnen hat uns in all ihren Wundern gestreift, daß wir hier vielleicht einer Entwickelungsstufe begegnet seien, die schon um ein weniges jenseits der in unserer Erde verkörperten stehe. Ein Ahnen, sage ich, denn mehr war es nicht. Dennoch soll es uns zum Bewußtsein führen, daß konsequente Einhaltung des Entwickelungsprinzips uns an diesem Punkte zwingen müßte, vor allem nun der Erde selbst unsere Aufmerksamkeit zu widmen. Die ungeheure Fülle dessen, was sich da aufthut, läßt es aber gerechtfertigt erscheinen, wenn wir für eine kurze Spanne noch diese größte aller Stufen ausschalten und vorher noch ein paar Phasen mustern, für die allerdings die Wahrscheinlichkeit eines jenseitigen Entwickelungsstandes noch evidenter zu werden scheint als bei Mars.

Der Typus, der uns hier zunächst auftauchen sollte, sind die kleinen Planetoiden zwischen Mars und Jupiter. Winzige und sehr sonnenferne Körperchen, wie sie sind, sollte man sie in einer Phase erwarten, die, was Erkaltung anbetrifft, weit über Erde und Mars hinausgeschritten ist. Nur versagt hier leider unsere Kenntnis fast vollständig. Ein historischer Boden im Sinne einer Geschichte der menschlichen Wissenschaft ist es

Der Mathematiker Karl Friedrich Gauß auf seiner Sternwarte zu Göttingen.

wieder, den wir betreten, — aber kein physisches Bild, wie bei Mars, giebt für die eigentlich zweckdienende Untersuchung trittfesten Boden ab. Triumphe der Mathematik künden die Planetoiden, — dahinter aber bergen sie selbst sich wie einfache Ziffern, kleine, millionenferne Weltallziffern, die vorerst wirklich beinah nur ein mathematisches Leben führen, aber noch keinen individuellen Körperumriß zu besitzen scheinen.

Der Leser erblickt auf dem vorstehenden Bilde eine schlichte Gelehrtengestalt inmitten ihres Arbeitsfeldes. Es ist Karl Friedrich Gauß. Das Antlitz dieses Mannes taucht beherrschend auf, wenn der Name der Planetoiden erklingt.

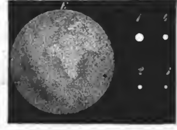
Durch die Mythen der klassischen Welt klingt es von einer Zeit, da „noch nicht alle Gestirne am Himmel kreisten". Die pelasgischen Arkadier maßen das Alter ihres Stammes daran, daß er sich im Lande angesiedelt, ehe noch der Mond die Erde beschien. Die Geschichte der Astronomie erinnert oft, wenn auch nur bildlich, an diese naiven Vorstellungen kindlichen Völkergemüts, wenn sie — in Vervollkommnung der optischen und mathematischen Mittel — einen Planeten nach dem andern für das menschliche Erkennen gewinnen läßt: — erst zu den fünf uralt vertrauten die Erde, als Kopernikus ihr Bewegung gab und sie in den Reigen der Sonnenkinder warf, dann Uranus, noch viel später Neptun. Auch sie scheidet gleichsam die Geschlechter der Menschen in voruranische oder vorneptunische und mißt Epochen an Planeten ab. Ein schweres Ringen, das äußerste Kraftaufgebot steckt fast in jeder dieser Planetenentdeckungen. Nicht zum mindesten auch in der, wovon hier die Rede ist, — der Entdeckung der ersten kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter. Die Lücke im System war hier seit alters sehr deutlich. Kepler zweifelte nicht, daß ein Planet darin kreise, wenn er auch vielleicht so winzig sei, daß man ihn nie würde erblicken können. Als sich später bei Uranus jenes oben schon einmal erwähnte angebliche „Gesetz" das einen gewissen Rhythmus in den Planetenabständen — wenn auch äußerst gewaltsam und keineswegs in einer mathematisch faßbaren Form — wahrscheinlich machen wollte, thatsächlich zu bewähren schien, war es selbst für sehr nüchterne Köpfe ausgemacht, es müsse einen solchen „geheimen" Planeten an jener Stelle geben, der den vermeintlichen Rhythmus unsern Augen zum Trotz rettete. Wir haben gesehen, wie wenig sich jenes „Gesetz" nachmals bei Neptun als solches erwiesen hat, ja, wie es beinahe verhängnisvoll für Leverriers schöne Rechnung geworden wäre. Aber dieser Zeitpunkt stand noch fern, und einstweilen, um 1800, gewann die Ansicht allgemein Raum, man müsse sich zu einem systematischen Feldzug zusammenthun, um womöglich den fraglichen Gesellen doch aufzufinden, gleichwie Herschel einst seinen Uranus aus dem Gewimmel der kleinen Fixsterne mit glücklicher Hand herausgefischt. Am 21. September 1800 konstituierte sich unter der Leitung von Schröter und

Zech eine Gesellschaft mit dem ausgesprochenen Zweck, daß durch die vereinte Thätigkeit von vierundzwanzig an verschiedenen Orten postierten Astronomen die ganze betreffende Himmelszone nach dem Planeten abgesucht werden sollte. Aber der Zufall, dieser stille Famulus der Wissenschaft, der allerdings nicht selten auch ihr Kobold wird, war diesmal eiliger als alle systematische Bethätigung. Unter dem schönen Himmel Siziliens, dort, wo über den Orangengärten Palermos der Monte Pellegrino seine wunderbar malerischen Linien wölbt, beobachtete fast seit Frist eines Jahrzehnts Piazzi den Fixsternhimmel zum Zweck eines großen Sternverzeichnisses. Auch er war als Delegierter unter jenen Vierundzwanzig vorgesehen, die nach Quetelets witzigem Wort auszogen, „um eine Nadel in einem Heuschober zu suchen". Aber die Kunde davon war noch nicht zu ihm bis in seine ferne Ecke des italischen Stiefels gelangt. Ihn beunruhigte um diese Zeit mehr ein Druckfehler in einem Sternkataloge von Wollaston. Er musterte genau eine Stelle im Sternbild des Stieres, um den Fehler vor den Thatsachen selbst zu verbessern. Dabei geriet er grade in der ersten Januarsnacht von 1801 auf ein Sternchen achter Größe. Am nächsten Abend bei der Kontrollmusterung hatte es seinen Ort um ein Weniges verändert. Der Planetoid Ceres war gefunden: ein Weltkörper zwischen Mars und Jupiter. Das Unglück wollte nur, daß infolge der schlechten, durch die Kriegswirren noch mehr zerrütteten Verkehrsverhältnisse der Zeit die Kunde von dieser Entdeckung erst im März und April zu anderen Beobachtern gelangte. Inzwischen war die kleine Ceres aber längst wieder ins Blaue weitergezogen, stand an Orten, wo man sie nicht verfolgen konnte und gewährte nur dann Hoffnung auf Wiedersichtbarwerden, falls man aus dem von Piazzi beobachteten kleinen Bahnstückchen den Ort berechnen konnte, wo sie wieder auftauchen mußte; im andern Falle lag die Nadel abermals im Heu, und jene Kommission konnte ihre ganze mühsame Riesenarbeit doch noch thun. Alles konzentrierte sich auf die Frage, ob man mit den gangbaren mathematischen Mitteln weit genug sei, um eventuell aus Bahnbestimmungen eines Planeten, die nur das Beobachtungsmaterial von ein paar Tagen umfaßten, den künftigen Ort seines Wiedererscheinens sicher festzustellen. Noch niemals war dieses Problem in dieser Schärfe aufgeworfen worden. Die Berechnung des langsam wandelnden und lichtstarken Uranus mit seiner fast genau kreisförmigen Bahn hatte es kaum gestreift. Und die geübtesten Autoritäten zweifelten, ob eine Lösung wirklich schon möglich sei. Ein Vierundzwanzigjähriger aber brach durch alle Schranken — Gauß. Er bewies damit allerdings, daß er der schärfste Rechner seiner Zeit sei, — ein Ruhm, den ihm niemand in der Folge wieder streitig gemacht hat. Gauß, der eben erst sein akademisches Studium beendigt, berechnete aus Piazzi's dürftigem Bahnstückchen in der That mit so absoluter Schärfe die ganze Bahn der Ceres, daß von Olbers genau

am Jahrestage der ersten Entdeckung, 1. Januar 1802, der Planet glücklich wieder gefunden werden konnte. Man hatte ihn aber solchergestalt kaum fest in der Hand, als er auch schon einen Bruder bekam. Im Begriff, die Ceres zu verfolgen, faßte Olbers Rohr am 28. März 1802 die Pallas. Und auch ihre Bahn umspannte alsbald das rechnerische Genie des großen Gauß, der wenig später seine Professur in Göttingen erhielt, von wo er bis 1855 als ein in jedem Sinne „Gewaltiger“ die Wissenschaft beherrscht hat, soweit diese nur irgend das mathematische Gebiet streifte. Bekannt ist im praktischen Tagesleben besonders noch sein Verdienst um die Herstellung des ersten elektromagnetischen Telegraphen, den er zunächst nur für den bequemeren Verkehr zwischen seiner Sternwarte und dem Laboratorium seines Mitarbeiters Wilhelm Weber sich ganz privatim errichtet hatte, in dem aber der Keim aller jener tausend Drähte steckte, die heute den Himmel unserer Großstädte wie ein riesiges Notenblatt liniieren und astronomische Neuigkeiten in winzigster Frist von der Lick-Sternwarte im Gebirge des fernen amerikanischen Westens bis zum Observatorium von Greenwich in England herüberblitzen.

Nachdem die Existenz der Pallas einmal gleichsam die Forschung auf den Geschmack am unentwegten Weitersuchen in der kritischen Lücke gebracht, mehrte sich die Zahl dieser sogenannten Planetoiden erst langsam, dann, in den letzten Jahrzehnten, so rapid, daß in weiteren Kreisen das Interesse an den immer erneuten Funden gegenwärtig fast völlig erloschen ist. Es gehört längst zum Stamm der vermischten Nachrichten unserer Blätter, daß der zweihundert so vielte kleine Planet gefunden sei und daß man nicht ohne Mühe noch einen Namen für ihn aufgetrieben habe: die antike Mythologie versagt vor der Fülle längst und bereits sind Kleopatra, Thusnelda und andere schöne Frauen der Weltgeschichte da drüben verewigt. Das Erlahmen des Interesses ist um so erklärlicher, als die wachsende Zahl nichts bedeutet für unser tieferes Eindringen in die physische Beschaffenheit. Aus der Helligkeit ergiebt sich, soweit hier strenge Schlüsse zulässig sind, daß der größte aller bisher bekannten Planetoiden nur etwa 60 Meilen im Durchmesser besitzt, — für andere sinkt die Ziffer bis zu 10 herab. Daß man von so winzigen Körperchen, bei so beträchtlicher Entfernung, nicht viel sieht, liegt auf der Hand. Vogel meint, bei Vesta gelegentlich eine spektroskopische Linie bemerkt zu haben, die auf eine eigene Atmosphäre hinweist. Andere Beobachter wollen Farbunterschiede wahrgenommen haben, auch hat man sich viel über scheinbaren Lichtwechsel ein und desselben Planetoiden herumgestritten. Aber nirgendwo ist hier fester Boden. Für die Entwickelungsgeschichte wäre es interessant, wenn wirklich ein solcher Sechzigmeilenplanet wie die Vesta eine dichte Atmosphäre besäße. Hat man doch den scheinbaren Mangel einer Atmosphäre bei unserem Monde unter anderem auch darauf zurückzuführen versucht, daß eine ursprünglich

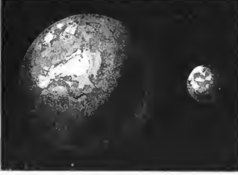
vorhandene Mondatmosphäre im Laufe der Zeiten bei den Größenverhältnissen dieses kleinen Weltkörpers wohl schon fast ganz von der Oberfläche aufgesaugt (absorbiert) sein müsse. „In den oberen Schichten der Erdoberfläche“ sagt Neison „finden sich zahlreiche Bestandteile der früheren ozeanischen und atmosphärischen Umhüllung der Erde, die durch die langsame Umbildung der die ursprüngliche Oberfläche bildenden Formationen fortgeführt worden und in bleibende Verbindungen gebracht sind. So hat die vereinte Wirkung der Thätigkeit der Erdoberfläche, der Ozeane und der Atmosphäre die gegenwärtige Erdkruste gestaltet, in der eine ungeheure Masse von Wasser und Bestandteile unserer Atmosphäre eingeschlossen sind, welche ursprünglich Teile der früheren Erdozeane und der Atmosphäre ausmachten. Ein ähnlicher Vorgang könnte auf dem Monde mit dem bedeutsamen Unterschied erfolgt sein, daß, da im Verhältnis zu ihren Massen, die Mondoberfläche mehr als sechsmal so groß ist als die Oberfläche der Erde, diese Absorption der Ozeane und der Atmosphäre nicht nur viel schneller gewesen sein würde, sondern unter den nämlichen Bedingungen auch eine sechsmal so intensive Wirkung gehabt haben müßte. Wenn man den Wirkungsgrad dieses Vorganges auf der Erde erwägt, so kann man füglich mit Recht annehmen, daß durch denselben auf dem Monde alle Ozeane absorbiert und die Atmosphäre äußerst beträchtlich vermindert wurde, wenn man sie proportional den Massen der beiden Planeten voraussetzt.“


Die Erde (*E*) u. die vier größten Planetoiden in ihrem wahren Größenverhältnis.

Denkt man sich aber nun Vesta auch nur so alt wie unsern Erdmond (nach der Kant-Laplace'schen Hypothese müßte sie erheblich älter sein), so wäre nicht einzusehen, warum das nicht auch sie treffen sollte, — sie dürfte also mindestens keine noch für uns bemerkbare Atmosphäre besitzen. Aber die Dinge der Wirklichkeit fragen nicht immer danach, was die menschliche Hypothese ihnen erlaubt oder verbietet. Und so ist eigentlich grade diese einzige physische Andeutung, die uns von einem Planetoiden zu teil wird, nur ein Fingerzeig, daß wir einstweilen dort die Spekulation einstellen sollen, die mehr oder minder doch nur in falschen Analogien schafft.

Der Mond, unser allvertrauter Erdmond, ist uns zufällig eben in die Debatte geraten. Wir dürfen ihn festhalten, denn, wo die Planetoiden als mögliches Entwickelungsstadium jenseits von Erde und Mars versagten, da tritt, wenn irgend einer, höchstens er noch in den Riß. Glücklich nah,

wie er uns steht, giebt er ja Material die Fülle. Und wenn keinerlei Grundzweifel über seine Einordnung im planetarischen Stammbaum bestände, so könnten wir uns jetzt getrost viele Seiten durch wieder eine feste Phase der Erkaltungsskala vor das geistige Auge zaubern. Es ist aber gesorgt, daß dem Leichtsinn denn doch auch hier die Flügel beschnitten werden. Der Mond ist ein eigensinniger Geselle. Seine Offenbarungen spendet er nur mit Zugabe ewig erneuter individueller Absonderlichkeiten. Und auf Schritt und Tritt ist grade ihm gegenüber Vorsicht geboten. Dafür besitzt er aber die Gabe eines solchen überwältigenden Thatsachenreichtums, daß ein allgemein in den Kosmos einführendes Buch nicht leicht ein dankbareres Kapitel beginnen kann. Der denkende Leser wird von hier, — auch ohne daß ihm ein gewaltsames Schema aufgepreßt wird — reicheren Gewinn mitnehmen für die wirklich kosmisch erweiterte Anschauung als aus irgend einem anderen Gebiete des Himmels.


Erde (links) und Mond (rechts) in ihrem Größenverhältnis.

Der Mond, 51 800 Meilen von uns entfernt, wie er ist, ist uns in einem gewissen Sinne besser bekannt als unsere Erde. Während noch keines irdischen Entdeckers Fuß unsern Nord- oder Südpol betreten hat, verzeichnen unsere Mondkarten genau die Gebirge und Thäler an den Mondpolen. Von dem Inneren Australiens und gewissen Strichen des äquatorialen Afrika haben wir sehr viel geringere Kenntnis als von irgend einem Bereich der sichtbaren Mondscheibe. Allerdings schiebt sich mit dem letzten Wort auch die Schranke vor: wir erblicken von der Erde aus stets dieselbe Seite unseres Trabanten. In seinem monatlichen Laufe um die Erde dreht er sich grade einmal um sich selbst, so daß uns hartnäckig der Blick auf die Kehrseite versagt bleibt. Nur ein kleines Stückchen dieser unbekannten Welt wird gelegentlich noch eben sichtbar infolge der sogenannten Libration (Schwankung) des Mondes während seines Umlaufs — eine Erscheinung, die im wesentlichen auf die drei Faktoren zurückgeht, daß erstens der Mond die Erde in einer Ellipse umkreist, deren Form bald eine größere, bald eine geringere Annäherung an die Erde und damit (nach dem zweiten Kepler'schen Gesetz) bald eine verstärkte, bald eine verlangsamte Bewegungsgeschwindigkeit

bedingt; ferner, daß die Drehungsachse des Mondes nicht genau senkrecht auf der Ebene seiner Bahn steht; und endlich drittens, daß unsere irdische Mondbeobachtung nicht vom Erdmittelpunkt aus erfolgt, sondern von der Oberfläche der Erdkugel, also einem für den relativ so nahen Mond mehr oder minder erhöhten Punkte aus, der noch etwas um die Ecke zu sehen gestattet. Immerhin giebt uns die Libration ungefähr ein Siebentel zu, so daß wir mit ihr viereinhalb Siebentel der gesamten Mondoberfläche statt bloß dreieinhalb sehen. Der Rest bleibt ewig verschlossen für die an die Erde gebannte Beobachtung.

Kein Gestirn, selbst die Sonne nicht, hat die Menschheit seit alters so beschäftigt, wie der Mond. Und je mehr man sich mit ihm abgab, desto näher gleichsam rückte er der Erde. Engste Wechselbeziehungen des Planeten und seines Trabanten offenbarten sich allenthalben dem forschenden Blick. „Der Mond," sagt Humboldt, „belebt und verherrlicht, mehr als alle andern Planeten, durch Verschiedenheit seiner Phasen und durch den schnelleren Wechsel seiner relativen Stellung am Sternenhimmel, unter jeglicher Zone den Anblick des Firmaments; er leuchtet erfreuend dem Menschen und (vornehmlich in den Urwäldern der Tropenwelt) den Tieren des Waldes. Der Mond, durch die Anziehungskraft, die er gemeinschaftlich mit der Sonne ausübt, bewegt unsere Ozeane, das Flüssige auf der Erde; verändert allmählich durch periodische Anschwellung der Oberfläche und die zerstörenden Wirkungen der Flut den Umriß der Küsten; hindert oder begünstigt die Arbeit des Menschen; liefert den größten Teil des Materials, aus dem sich Sandsteine und Konglomerate bilden, welche dann wiederum von den abgerundeten, losen Geschieben des Schuttlandes bedeckt sind. So fährt der Mond, als eine der Quellen der Bewegung, fort, auf die geognostischen Verhältnisse unseres Planeten zu wirken."

Was aber von früh an noch viel lebhafter gefesselt hat als das Aufspüren dieser verwickelten Beziehungen war das eigentliche Antlitz des Gestirnes selbst, die physische Natur seiner Oberfläche. Von der kindlichen Völkerphantasie, die bald einen Mann, bald einen Hasen oder eine Antilope in die Flecken der Silberscheibe hineindeutete, erhob sich die Betrachtung schon in der antiken Welt zur Spekulation, daß dort schattenwerfende Berge ragten oder Klüfte sich einspalteten, beide den irdischen vergleichbar. Aber ein Blick auf den Mond lehrt alsbald, daß vor Erfindung des Fernrohrs wenig Realität zu solchen, wenn auch noch so glücklichen Spekulationen treten konnte. Ist die Luft gut, so gewahrt das bloße Auge etwa 2/5 der Scheibe mit verwaschenen Flecken bedeckt. Ziemlich fest heraus heben sich nur ein paar Stellen. Nahe dem einen Seitenrande der längliche Kreis des sogenannten Mare Crisium, auf der anderen Hälfte der helle Rücken des Apenninengebirges, dem Südpol nahe der riesige glanzreiche Krater Tycho, vielleicht in sehr günstigem Falle hart am Rande,

fast in der Mitte als isoliertes schwarzes Fleckchen die Wallebene Grimaldi: das übrige ist mehr oder minder konturenlos. Grimaldi hat einen wahren Durchmesser von 32 Meilen von Nord nach Süd, ist aber infolge seiner Lage am Rande der Kugel perspektivisch sehr zusammengedrückt.*) Das giebt den Maßstab für das letzte so noch Erreichbare, aber es handelt sich schon um ein besonders günstiges Objekt. Ein gewöhnliches Opernglas verschärft schon erstaunlich, — sehr deutlich erscheinen hier die blanken Strahlen, die von dem Berge Tycho in einer höchst geheimnisvollen Weise weit über die Mondoberfläche sich dahinziehen. Als Galilei sein Rohr richtete, war die Existenz schattenwerfender Gebirge und vertiefter Ebenen sogleich zweifellos. Den grübelnden Kepler erregte auch schon die scheinbar regelmäßige Kreisform so vieler dieser Mondgebirge: er malte sich Städte der Seleniten (Mondbewohner; Selene: griechisch Mond) aus, die zum Schutz gegen den Sonnenbrand in Vertiefungen angebracht wären, wobei der Grabschutt die hohen Wälle geliefert hätte. Noch in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts entwarf der spanische Mathematiker *Langrenus* eine Mondkarte, auf der die wichtigsten Formationen Namen von Heiligen, Athanasius, Genoveva u. a., erhielten. Nur wenig ist in der Folge übrig geblieben von diesem „heiligen" Mond, — die Benennungen haben zumeist Gelehrtennamen weichen müssen und aus Athanasius ist Plato, aus Genoveva Galilei geworden. Denn schon der nächste Mondzeichner, der Danziger Ratsherr und Brauereibesitzer *Hevelius*, war ein „Ketzer". Seine 1647 veröffentlichte „Selenographia sive Lunae Descriptio" (Mondbeschreibung), ein Werk ausdauerndsten Beobachterfleißes, erwies sich als so gut, daß selbst dem Papst Innocenz X. der Ausspruch in den Mund gelegt wird: es sei der *einzige* Flecken in der Vollkommenheit dieses Prachtstücks, daß es von einem „Ketzer" herstamme. Hevel selbst führte die Gelehrtennamen noch nicht in die Mondkarte ein, er taufte nach irdischen Gebirgen (Apenninen, Alpen, Kaukasus u. s. f.) und erfand für die grauen Ebenen willkürliche Bezeichnungen, wie Mare Serenitatis (Meer der Heiterkeit), Oceanus Procellarum (Ozean der Stürme) u. a. Diese Worte haben sich, vermehrt nur nachher durch die Gelehrtennamen, wesentlich bis heute erhalten, obwohl sie äußerst verwirrend für den Laien sind: die einen wegen der Wiederkehr von Namen aus der irdischen Geographie, die anderen wegen der völligen sachlichen Sinnlosigkeit, indem sich ja später herausstellte, daß jene dunklen Flächen überhaupt keine Ozeane waren und von Heiterkeit oder Stürmen keine Rede

---

*) „Es ist durchaus nicht schwierig, denselben (Grimaldi) mit bloßem Auge im Vollmonde zu sehen, wenn man gleichzeitig mit dem Mondlichte das Licht einer Gasflamme ins Auge fallen läßt. Man muß die Intensität dieser letzteren gehörig regulieren, was durch einige Versuche geschehen kann, und wird dann über die Deutlichkeit, mit der sich die Mondoberflache darstellt, erstaunen" (*Klein*, Durchmusterung des Himmels S. 125.)

sein konnte. Die Namen berühmter Forscher im Monde zu verewigen begann der Jesuit Riccioli 1651. Für den Mann selbst mag das Motiv der Eitelkeit bestimmend gewesen sein, daß er sich selbst dort anbringen wollte, dazu aber anständigerweise doch etwas Gesellschaft brauchte. Zur Sache aber möchte man wünschen, daß diese ganz indifferente, aber grade deshalb am wenigsten verwirrende Nomenklatur noch in erweitertem Sinne sich eingebürgert und vor allem Hevels unglückliche Meere verdrängt hätte. Es ist statt dessen als Endresultat ein ziemliches Durcheinander aus Erdgebirgen, jenen willkürlichen Ozeanen und den Gelehrtennamen übrig geblieben, das unsern Mondbildern ein recht wunderliches Aussehen giebt.

Die entscheidende Karte für den Zeitraum von der Mitte des vorigen Jahrhunderts bis zu unsern zwanziger Jahren war die um 1749 von Tobias Mayer gezeichnete. Zum erstenmal basierte hier ein Bild der Mondscheibe auf genauer Messung der Länge und Breite der einzelnen Mondflecke, wobei (was in hohem Grade wichtig war) Rücksicht genommen wurde auf die scheinbaren, perspektivischen Verschiebungen, die jene oben erwähnte komplizierte „Schwankung“ (Libration) des Mondes hervorbringt. Je umfangreicher sich jetzt das Detail eröffnete, desto reger entfaltete sich bei den Forschern das Interesse an der Feststellung möglicher Veränderungen auf dem Monde. Schröter, der wie Hevelius noch keinen Grund sah, an der Bewohnbarkeit unseres Trabanten und durch Intelligenz hervorgerufene Wandlungen zu zweifeln, mühte sich am Ausgang des Jahrhunderts in der ausgesprochenen Absicht um genaue Mondzeichnungen, damit spätere Generationen etwaige Veränderungen solcher Art besser nachweisen könnten. Ergebnisse aus allerneuster Zeit, die uns unten noch eingehend beschäftigen werden, haben gezeigt, wie wertvoll jedenfalls der letztere Gedanke war, — einerlei, wie es sich nun mit den Ursachen solcher Veränderungen oder gar der Bewohnbarkeit des Mondes für intelligente Wesen verhalten möge. Im März 1824 machte dann zunächst einmal die Nachricht in der Welt einen ungeheuren Spektakel — bis in alle Winkel dieser öden politischen Reaktionszeit hinein —, daß der Astronom Gruithuisen allen Ernstes ein Gebild auf dem Monde entdeckt habe, das einem Produkt menschlicher Kunstfertigkeit gleiche. Beinah im Centrum des Mondes, nahe dem sogenannten Sinus Medii, liegt ein Ringgebirge, das seinen Namen nach Schröter erhalten hat. Hier sollte eine Art regelrechter Festung stehen, mit so korrekten Wällen, daß eine zufällige Gebirgsbildung ausgeschlossen sei. Gruithuisen war, wie besonders Hermann J. Klein in neuerer Zeit nachdrücklich betont hat, ein durchaus ernst zu nehmender, höchst ehrlicher und geschickter Zeichner. Auch sagte er selbst, daß die Bezeichnung als „Wallwerk“ bloß eine vorläufige sein solle. Aber im Munde derer, die seine Entdeckung weiter verbreiteten, kam die „Mondfestung“ bei Schröter immer „menschlicher“ heraus. Ein interessantes Gebilde ist sie unbedingt, wenn

schon die spätere, sehr viel genauere Mädler'sche Karte im ganzen die Gebirgsnatur auch hier ziemlich unanzweifelbar gemacht hat. Wunderlicher aussehen kann schon nicht leicht ein Gebirge.

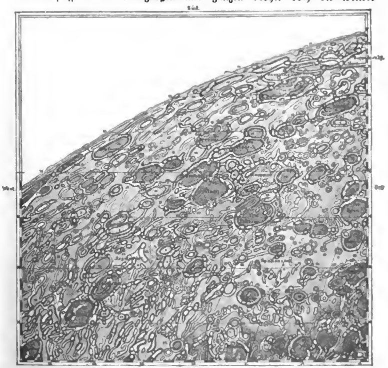
Im Moment ergoß sich jedenfalls über Gruithuisen die Schale des Spottes unerbittlicher, als nötig gewesen wäre. Denn die Epoche der Mondforschung leitete sich grade jetzt ein, deren oberstes Dogma die absolute Totenstarre und Unbewohnbarkeit des Mondes war. Seit 1821 begann zunächst W. Gotthelf Lohrmann, ein genialer sächsischer Geodät, eine erste Riesenkarte des Mondes, die alles Frühere weit überflügeln sollte. Bei einem Durchmesser von fast einem Meter verhielt sie sich zur wahren Mondfläche wie 1 : 3 566 400, es entsprachen also zwei Millimeter etwa einer geographischen Meile, und das Detail ließ sich dem vergleichen, was eine Karte von Österreich-Ungarn auf einer Seite des Andree'schen Handatlas (in der zweiten Auflage [1887 und revidiert 1891] etwa Karte 45) giebt. Lohrmanns ungeheurer Mond erschien stückweise, und zwar sehr langsam. Der Meister selbst erlitt darüber das Schicksal Galilei's, sein Augenlicht mehr und mehr einzubüßen, und die letzten Blätter seines Werkes sind nach Überwindung einer ganzen buchhändlerischen Odyssee erst 1878, achtunddreißig Jahre nach Lohrmanns Tode, zur Veröffentlichung gelangt, allerdings in wundervoller technischer Reproduktion. Das Bild auf S. 517 mag davon eine Probe geben, es beweist durch die perspektivisch gestreckte Form der in Wahrheit fast kreisrunden Krater am Mondrande zufällig auch sehr gut die Wölbung und damit die Kugelgestalt des Mondes.



Das sogen. „Wallwerk" Gruithuisens,
ein Gebilde bei dem Ringgebirge Schröter auf dem Mond, in dem Gruithuisen ein von intelligenten Wesen errichtetes Werk vermutete. Heute zweifelt man nicht mehr, daß es sich nur um ein höchst seltsames System von Gebirgen und Thälern handelt. (Nach einer Zeichnung von Gruithuisen vom 23. Oktober 1822.)

Die Verzögerung im Weitererscheinen der Lohrmann'schen Blätter gab den Anlaß, daß jene beiden astronomischen Freunde, die uns schon bei Mars begegnet sind, Beer und Mädler in Berlin, bis 1837 selbst eine ebenso große Mondkarte sich zusammenstellten, die in Verbindung mit einem umfangreichen Text eine weitere, höchst bedeutsame Stufe der zunehmenden Mondbeherrschung darstellte. Sechshundert Nachtwachen waren ihr geopfert, 7735 Krater und 77 der rätselhaften, zuerst von Schröter entdeckten sogenannten Rillen (Spalten) verzeichnete sie dafür aber auch. Das Entscheidendste, was Beer und Mädler für das physische Gesamtbild des Mondes als festen Satz auszusprechen wagten, war ein Vernichtungsurteil über alle Spekulationen im Sinne Gruithuisens. Der Mond war für menschenähnliche Wesen unbewohnbar, da er weder Luft noch Wasser beherbergte. Es schien bewiesen und wurde von allen Handbüchern der nächsten Jahr-

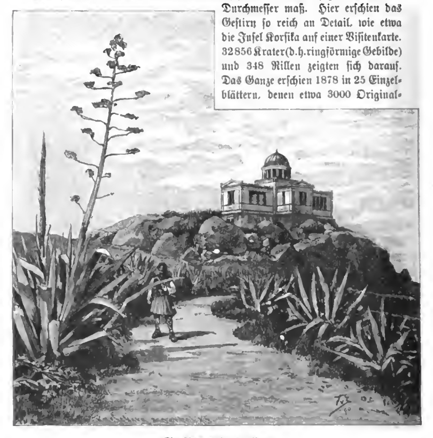
zehnte apodiktisch verkündet, daß der Mond eine absolut tote, unveränderliche Wüste mit einem Gewirre längst erloschener Vulkane sei. Wie erklärlich, nahm das in vieler Hinsicht dem Mondstudium seinen Reiz. Zwar war einiges, wie z. B. jene Rillen, nach wie vor unerklärt und blieb Debattenstoff. Aber im großen und ganzen drohte doch die weitere



Ein Stück Mondoberfläche in der Nähe des Randes.
Gezeichnet von Gotthelf Lohrmann.

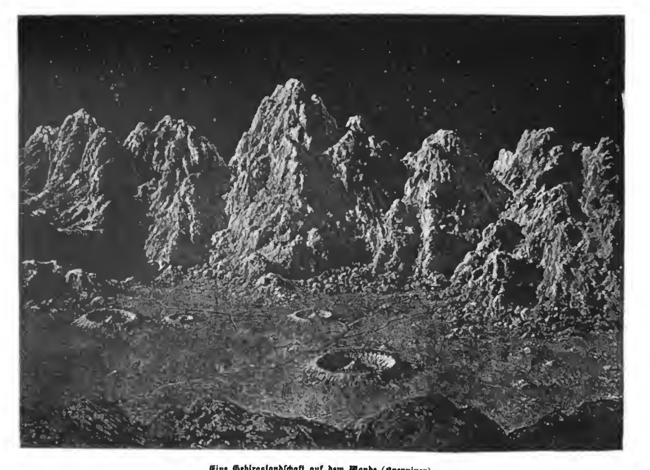
Selenographie unter diesen Verhältnissen eine etwas langweilige Wissenschaft zu werden: ein endloses Register mehr oder minder einander ähnlicher Objekte, die abgethan waren, wenn man ihre Lage bestimmt, ihren Umriß gezeichnet und den nötigen Gelehrtennamen für die Taufe glücklich aufgetrieben hatte. In der That trat nach Beer und Mädler denn auch zunächst eine längere Pause in der Begeisterung ein. Nur ein hervorragender Astronom arbeitete im stillen rastlos weiter: Julius Schmidt. Als vierzehnjähriger Knabe schon, im Jahre 1839, hatte durch die schatten-

werfenden Mondberge der alten Schröter'schen Tafeln dieser ausgezeichnete Mann sich, wie später Schliemann für sein Troja, für den Mond „gewinnen“ lassen. Nach vierunddreißig Jahren unausgesetzter Bemühung durfte der Gereifte dann der Welt eine Mondkarte schenken, die beinah zwei Meter im Durchmesser maß. Hier erschien das Gestirn so reich an Detail, wie etwa die Insel Korsika auf einer Visitenkarte. 32856 Krater (d. h. ringförmige Gebilde) und 348 Rillen zeigten sich darauf. Das Ganze erschien 1878 in 25 Einzelblättern, denen etwa 3000 Original-



Die Sternwarte zu Athen.

zeichnungen Schmidts zu Grunde lagen, und einem umfangreichen erläuternden Text. Zwölf Jahre früher hatte der Verfasser der Welt bereits verkündet, daß seine Studien das Beer-Mädler'sche Dogma von dem völligen Erlöschen jedweder Mondthätigkeit verneinen müßten. An dem Krater Linné zeigten sich Veränderungen höchst intensiver Art, die wie Schmidt wenigstens meinte, auf irgend welche aktive Äußerung schließen ließen. Damit war der



Eine Gebirgslandschaft auf dem Monde (Apenninen).
Nach der ungefähren Wahrscheinlichkeit rekonstruiert von Nasmyth und Carpenter. (The Moon Plate XXIII.)

lähmende Bann gebrochen, — die letzte Phase der Mondforschung, die, in der wir heute noch stehen, war angebahnt. Ihr Interesse konzentriert sich wesentlich eben auf jene Veränderungen, über deren Detail allerdings noch nirgendwo die Akten ganz geschlossen sind. Insbesondere sind es englische Forscher gewesen, die in den letzten beiden Jahrzehnten umfangreiche Bücher über den Mond und seine physische Beschaffenheit veröffentlicht haben. Der Leser findet auf den folgenden Blättern verschiedene in hohem Grade instruktive Mondansichten, die dem einen dieser Prachtwerke (The Moon von J. Nasmyth und J. Carpenter 1874) entnommen sind. Die Verfasser dort haben sich der Mühe unterzogen, zunächst nach ihren auf dreißigjähriges Studium gestützten direkten Mondzeichnungen plastische Modelle anfertigen zu lassen. Diese sind dann in heller Sonnenbeleuchtung photographiert worden, womit eine Schärfe der Anschaulichkeit besonders für den Laien, der zum erstenmal sich über die Formationen im allgemeinen unterrichten soll, gewonnen ist, die alles Ähnliche weit hinter sich läßt. Mit dem unmittelbaren Photographieren der Monddetails ist man bisher jedenfalls lange nicht so weit gekommen, wenn auch in neuester Zeit von der Lick-Sternwarte aus eine sehr schöne und vielversprechende Aufnahme des gröberen Mondumrisses wenigstens verbreitet worden ist. (Vergl. die Bilder weiter unten.)*)

So viel zur geschichtlichen Anknüpfung. Lassen wir jetzt die wichtigsten Formationen des Mondes selbst vor uns auftauchen. Prüfen wir sie, ob noch Sprache daraus klingt von einer Entwickelungsstufe des Alls jenseits von Erde und Mars. Die absolute Totenstarre, die Beer und Mädler wollten, paßte ja nicht schlecht in den Gedanken an eine völlig erkaltete Welt, die ihr Leben seit Jahrmillionen vielleicht schon bis auf den letzten Rest begraben hat. Aber wir haben gesehen, daß grade die moderne Schule der Selenographen uns hier ein Veto setzt und uns verbietet, allzu bequem unsere Fäden auszuspinnen.

Ein einziger Blick mit dem bloßen Auge auf den Vollmond: und man faßt den ersten Typus dessen, was es da oben zu sehen giebt, — die grauen Ebenen, Mare (Meer) genannt. Schon ein sehr mäßiges Fernrohr zeigt, daß es wenigstens unbedingt keine „Meere“ im Sinne großer, gleichmäßiger Wasserflächen sind, sie erweisen sich als durchsetzt von tausend Unebenheiten und machen vielmehr etwa den Gesamteindruck eines

*) Für den Leser, der etwa genauer sich selbst mit Hilfe eines brauchbaren Fernrohrs auf dem Monde orientieren will — es ist die lohnendste aller astronomischen Bethätigungen bei beschränkten Mitteln! — mag noch auf die ausgezeichnete Arbeit von Edmund Neison „der Mond und die Beschaffenheit und Gestaltung seiner Oberfläche“ (Braunschweig bei Vieweg, 2. Aufl. 1881), verwiesen sein. Der Text ist deutsch bearbeitet durch den um die Mondforschung selbst hochverdienten Kölner Astronomen Hermann J. Klein. Der Atlas zeichnet sich besonders durch seine große Handlichkeit aus.



Normaler Mondkrater.

Nach Nasmyth und Carpenter. (The Moon Plate XXI.)

Meeresbeckens, d. h. der hohlen, im Grunde klippenüberfäten Vertiefungen, die wir nach Verschwinden der gesamten Wasserausfüllung an Stelle unserer jetzigen irdischen Ozeane finden würden. Verweilen wir einen Augenblick bei diesem Bilde.

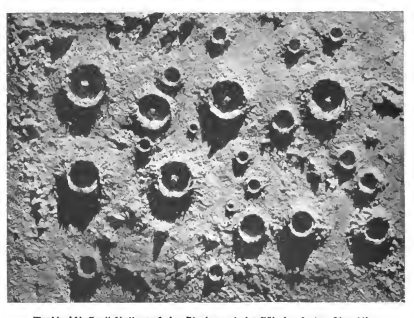
Man denke sich Skandinavien in der Richtung über Island mit Nordamerika zum gebirgigen Halbrund verwachsen und ebenso Afrika etwa vom Kap Verde ab über die Insel Fernando do Noronha mit Brasilien. Dann sollen mit einem Zauberschlage jäh die atlantischen Gewässer in einem Spalt des Erdinnern versinken oder durch eine plötzliche riesenhafte Absorptionskraft irgend welcher Gesteinsschichten aufgesaugt werden. Alsbald gähnt uns jetzt ein enormer rundlicher Kessel entgegen, dessen hohe Wände die umschließenden Kontinente bilden. Ein Blick in den schauerlichen Schlund aus idealster Vogelperspektive — sagen wir etwa vom Monde selber aus, auf dem unsere Teleskope für einen Moment Platz gefunden haben sollen — zeigte sehr deutlich die außerordentlichen Unebenheiten des eigentlichen steinigen Meeresgrundes, des Stückes Erdkruste, das die glatte Wasserhülle vorher verdeckt hielt. Da erschiene das von Irland nach Neu-Fundland überleitende sogenannte Kabel-Plateau (eine unterseeische Hochebene, auf der das große transatlantische Telegraphenkabel liegt), nach Süden von ihm abschwenkend der Azoren-Rücken, aus dem in der Mitte wie ein Riesendach mit ein paar enormen steilen Schornsteinen die Azoren-Inseln selbst aufsteigen, weiterhin das atlantische Plateau, das der Wendekreis des Krebses durchteilt, — und rechts und links davon wunderliche Absenkungen, gegen den Golf von Mexiko an mit zwei schwarzen Löchern bis zu 8341 m Tiefe unter dem früheren Meeresspiegel oder, was jetzt einen besseren Maßstab abgäbe, mit 12041 m Grundabstand von der hoch im Sonnenlicht funkelnden Spitze des Piks von Teneriffa, der nahe der afrikanischen „Kraterwand" wie eine Nadel aus der Höhlung heraufragt, um im äußersten Gipfel abermals — als echter Vulkankrater — eine tiefe Höhlung zu zeigen.

Solche Bilder, — und nicht die eines nivellierenden Meereshorizontes, wie der falsche Name „Mare" es nahe legt, sind es, die man sich ausmalen muß, um ein Mare des Mondes aus dem Wort in ein Bild umzuformen. Ist aber das Charakteristische so begriffen, dann mag man mit erneutem Interesse an diese für unsern Weltkörper so ungemein wichtigen und interessanten Gebilde herantreten. „Ähnlich wie auf der Erde," sagt Julius Schmidt mit treffendem Wort, „durch die Verteilung von Land und Meer der Charakter einer Landschaft oder, geognostisch und geographisch aufgefaßt, der Charakter eines ganzen Weltteils bestimmt wird, kann man auch vom Monde sagen, daß der allgemeine Eindruck, den der Anblick seiner Oberfläche gewährt, durch die Gestalt und Verbreitung der schon dem unbewaffneten Auge sichtbaren grauen Ebenen bedingt sei. Dies gilt für den Vollmond, denn zur Zeit der Phasen treten mitunter die grauen Flächen

nicht bedeutend hervor, und der vorherrschende Typus der Ringgebirge ist es alsdann, der dem Monde ein so fremdartiges Ansehen verleiht. Wir, wenn wir eine Landschaft betrachten, machen unser Urteil über sie abhängig vom sinnlichen Eindrucke, den Formen und Farben hervorrufen; wir reden von der Größe, vom Ernste oder der Anmut einer Landschaft, je nachdem das Gesehene unser Gemüt berührt. Bald ist es der Reichtum der Pflanzen und Tiergestalten oder der Wechsel des bebauten Landes mit dem waldbedeckten Gebirge, bald die dunkle Linie, in der der Himmel auf dem Horizonte des Meeres ruht, oder die Rauchsäule eines fernen kegelförmig aufsteigenden Vulkans, der Spiegel der Seen, oder auf hohen Felshörnern der Glanz des über die Wolkendecke weithin leuchtenden ewigen Schnees, der lebhaft unsere Aufmerksamkeit fesselt, unsere Bewunderung erregt und dem forschenden Auge die großen, den Charakter der Landschaft bedingenden Züge erkennen läßt. Bietet auch für unseren Anblick der Mond keineswegs solchen Reichtum der Ansichten dar, so haftet das Auge doch vorzugsweise gern auf den dunkeln, oft zackig begrenzten Flächen, auf den weiß schimmernden Streifen, welche die Einförmigkeit jener unterbrechen, und auf dem blendenden Kranze mächtiger Grenzgebirge, wenn diese Hunderte von Quadratmeilen durch ihre parallel laufenden schmalen und spitzen Schattengestalten mit tiefer Nacht bedecken. Es kehrt stets wieder zu den Ebenen zurück, der Reiz ihres Anblicks und der stille, geheimnisvolle Zauber, den oft ihre Entwickelung aus der Nacht zum Tageslicht darbietet, ist anregender und wohlthuender als die ermüdende und anstrengende Betrachtung des hellen Gebirgslandes, wo aneinander gedrängt kolossale Krater in stets sich wiederholenden Formen und ohne Wechsel des Lichtes und der Farbe der Betrachtung nirgends Ruhepunkte gewähren. — Zeichnungen und Messungen in und an den grauen Maren sind leichter und angenehmer, als in dem wilden, lichtstrahlenden Berglande, für den Selenographen ist das Meer eine Oase in der Wüste.“ Ein Blick auf unsere Mondphotographien zeigt die wechselnde Gestalt der „Mare“, wobei nicht zu vergessen ist, daß das Bild, dem umkehrenden Fernrohr entsprechend, auf dem Kopfe steht, — also den Südpol oben, den Nordpol unten hat. Bald zeigen die hohlen Becken sich scharf begrenzt, wie es unser Mittelmeer thun würde, — so ganz rechts oben das Mare Humorum, ganz links das von hohen Gipfeln schroff umrissene Mare Crisium. Sanfte Übergänge verknüpfen das Mare Nubium mit der größten grauen Ebene, dem Oceanus Procellarum, und diesen mit dem Mare Imbrium. Am tiefsten ausgehöhlt scheint das Mare Crisium. Sehr deutlich ins Auge fällt, daß kein Mare in die Nähe des Südpols reicht, es ist, als habe sich hier einseitig ein kolossaler Gebirgspfropf zusammengehäuft, gegen den die ganze übrige Mondfläche in die Tiefe abgesunken ist. Wo immer man aber das Detail eines Mare mustert, da sieht man es von Bergrücken durchzogen, von Ringgebirgen

und Kratern durchlöchert, geheimnisvolle Farbenunterschiede deuten sich an, — kurz, das einförmige Bild der Tiefebene spezialisiert sich zu tausend Feinheiten, die dem Beobachter unerschöpflichen Stoff geben.

Die zweite große Formation des Mondes ist die, die im gewöhnlichen Sprachgebrauch schlechtweg als Krater bezeichnet wird. Nimmt man das Wort „Krater" in seiner ursprünglichen, dem griechischen Wort für Becher entsprechenden Bedeutung, so mag es auch in dieser Verallgemeinerung als



Mondlandschaft mit schattenwerfenden Ringbergen in der Nähe des Kraters Theophilus.
Man vergleiche damit das nebenstehende Bild und den Text unten.
(Nach Nasmyth und Carpenter, The Moon Plate VI.)

Bezeichnung der zahllosen runden, becherartig gehöhlten Gebilde auf dem Monde gelten. Denkt man indessen sogleich an „Vulkankrater", so sind Unterscheidungen sehr wesentlicher Art geboten. Der Leser betrachte mit aufmerksamer Vergleichung zunächst die beiden oben einander gegenüberstehenden Bilder. Da erblickt er links eine Mondlandschaft, die übersäet ist mit kreisförmigen, innen vertieften Formationen. Bei den meisten ragt aus der Mitte der Kraterhöhlung noch ein kleiner Centralkegel auf, dessen Spitze das Sonnenlicht wieder erreicht. Nun wende man sich rechts: es erscheint eine Landschaft, die in vieler Hinsicht eine unverkennbare Ähnlichkeit mit jener besitzt. Es ist aber eine irdische Landschaft, und zwar die be-

kannteste vulkanische Gegend der Erde: der noch thätige Vesuv mit seiner weiteren Umgebung der sogenannten phlegräischen Felder, in denen alte, jetzt nicht mehr Lava auswerfende, bewachsene und verwitternde Krater sich in größerer Zahl drängen. Das Ganze ist bloß in Mondperspektive — senkrecht von oben — gezeichnet und mit so pechschwarzen, scharfen Schatten versehen, wie sie entstehen müßten, wenn die Erde keine oder doch eine ungeheuer verdünnte Lufthülle besäße, — ein Fall, der für den Mond



Der irdische Vulkan Vesuv und die sog. Phlegräischen Felder bei Neapel,
so gezeichnet, wie sie als Mondberge von der Erde aus erscheinen müßten.
(Nach Nasmyth und Carpenter, The Moon Plate VI.)

allein in Frage kommt. Die Ähnlichkeit zwischen Mondbergen der dargestellten Art und dieser Stelle der Erdrinde, die nachweislich durch vulkanische Kräfte in diese seltsamen Kreisformen gebannt ist, läßt sich gewiß nicht leugnen. Der Vesuv (ganz rechts) zeigt aufs anschaulichste, wie, lange nach Bildung des großen Kreiswalles, spätere Eruptionen in der Mitte dieses Walles einen spitzen Centralkegel anhäufen können, womit vollständig jenes Bild vom Monde übereinstimmt. Allerdings drängt sich im Detail die Vermutung auf, ob nicht die Mondkrater im ganzen mehr den verwitternden, mehr oder minder toten Höhlen der phlegräischen Felder glichen, als dem noch lebhaften Vesuv mit seinem gewaltigen Aschenkegel, der den

alten Ringrand dominierend überragt. Aber mögen es denn auch erkaltete, abgestorbene Vulkane sein, die der Mond uns bietet: die vulkanische Natur seiner Ringgebilde scheint erwiesen zu sein. Das Bild auf S. 521, das den Beschauer direkt auf den Mond selbst versetzt und eine Kraterlandschaft mehr im Profil zur Anschauung bringt, wird die Vermutung nur verstärken. Und doch ist es notwendig, der Parallele ihre Grenze zu setzen. Schon die Größenunterschiede, von denen jene drei Abbildungen keinen Begriff geben, sind einigermaßen angethan, uns stutzig zu machen. Unsere irdischen Vulkane sind im Verhältnis zu der Mehrzahl der Ringgebilde des Mondes gradezu verschwindend klein. Den Vesuv würde man als Krater vom Monde aus mit unseren Mitteln gar nicht mehr erkennen können. Umgekehrt dehnen sich auf dem Monde, wenn man alles Kraterähnliche auf vulkanischen Ursprung hindrängen will, die Dimensionen so ungeheuerlich, daß alle Ähnlichkeiten wieder zu verschwinden drohen. Man hat sich denn auch in der That entschlossen, das Wort „Krater" in seiner strikten Bedeutung auf einen engeren Kreis ziemlich kleiner, aber dafür desto zahlreicherer Formationen des Mondes zu beschränken, dagegen eine Anzahl charakteristischer großer Ringgebilde unter besondere Rubriken zu bringen, die zunächst nichts über die Entstehung aussagen, sondern nur ordnen helfen.

Als echte Krater, die, wenn sie auch jetzt nicht mehr thätig sein mögen (was übrigens, wie wir sehen werden, bestimmten Vorkommnissen gegenüber Streitobjekt ist), doch wenigstens vulkanischen Kräften ihren Ursprung verdanken dürften, bezeichnet man gegenwärtig hauptsächlich die kleinen und kleinsten Öffnungen der Mondoberfläche. Während die großen Ringgebilde, bei denen es immer schwerer hält, vulkanische Analogien von der Erde zu entnehmen, schon den ersten Beobachtern in die Augen fielen, ist es erst eine Errungenschaft neuerer, immer minutiöserer Detailforschung, daß man diese kleinen Formationen genauer kennt und sich vor allem überzeugt hat, daß sie zu Tausenden und aber Tausenden (50 000 sagt für die kleinsten eine ganz vage, sicher noch zu tief greifende Schätzung) alle übrigen Mondlandschaften durchbrechen und die gesamte sichtbare Mondoberfläche recht eigentlich in ein Sieb verwandeln, bei dem Loch an Loch steht. Zunächst gehören hierher als winzigste grade noch sichtbare Zwerge steile Hügelchen von nur ein paar Kilometern Durchmesser mit beträchtlich kleineren steilen Vertiefungen im Centrum, die sich nur in besten Instrumenten erkennen lassen. Diese Spitzchen gleichen durchaus unseren hohen Berggipfeln wie der Ätna oder der Kotopaxi, die sich an der Spitze zu Kratern öffnen: man müßte sich nur vorstellen, daß die vulkanischen Kräfte des Mondes solche Ätnas oder Kotopaxis zu irgend einer Zeit thatsächlich so zahlreich wie die Schaumblasen einer moussierenden Flüssigkeit erzeugt haben. In den Maren reihen sich die Kegelchen wie Warzen, die bei Vollmond höchstens

noch als undeutliche Lichtflecke angedeutet sind, sie brechen aus den großen Ringwällen wie den Ebenen, die diese einschließen, knospen an den Abhängen größerer kraterähnlicher Gebilde und springen selbst gelegentlich hervor aus der Masse eines großen Gebirgsstocks. Ohne daß man Neigung



Mondlandschaft mit den Apenninen und dem Krater Archimedes.
(Nach Nasmyth und Carpenter, The Moon Plate IX.)

zu weitgreifender entwickelungsgeschichtlicher Spekulation zu haben braucht, ist es doch ein gradezu sich aufdrängender Gedanke, es möchten diese Miniaturkrater die neuesten Gebilde des Mondes sein, d. h. erst aufgebrochen sein, als die großen Wallebenen, die Gebirge und die Mare bereits fertig dastanden, was ja immerhin auch einen Zeitpunkt in grauer

Ferne bezeichnen mag, aber wenigstens den ersten Fingerzeig für ein „Nacheinander“ giebt.

An diese verhältnismäßig wirklich „echten“ Krater reihen sich dann Gebilde ähnlich denen auf S. 524, die immerhin mit Irdischem wenigstens noch grade verglichen werden können. Ein kreisrunder Wall, der nach innen scharf abfällt, umschließt eine Höhlung, aus der, wie der Aschenkegel des Vesuv aus der Somma, dem älteren, zerbrochenen Kraterrand, ein spitzer Centralberg emporsteigt. Auch für diese Formation finden sich noch zahlreiche kleine Beispiele, aber es ist nicht mehr möglich, eine scharfe Grenze nach beträchtlich größeren Gebilden hin zu ziehen bis zu Kolossen von einem Dutzend Meilen Durchmesser, denen nur der Centralberg noch ein einigermaßen vesuvähnliches Antlitz giebt, im übrigen aber schon die Bezeichnung als Ringgebirge zukommt. „Mit Rücksicht auf die Verschiedenheit ihrer Größe“ heißt es in dem Text von Nasmyth und Carpenter, der die schönen, von uns in mehreren Proben mitgeteilten Mondbilder begleitet, „ist es nicht erstaunlich, daß manche Forscher hinsichtlich des wahrhaft vulkanischen Charakters der Mondkrater zweifelhaft geworden sind. Aber es giebt eine Erscheinung, die nach unserer Meinung die Thatsache feststellt, daß dort vulkanische Kräfte thätig gewesen sind, und welche den Kraterformen einen entschieden vulkanischen Charakter verleiht. Diese spezielle Erscheinung ist der centrale Kegel, der als charakteristisches Merkmal der Erdvulkane so wohl bekannt ist. Man nimmt an, daß er die letzte ersterbende Anstrengung der eruptiven Gewalt bezeichnet und dadurch gebildet wurde, daß die Materie, welche von der vulkanischen Kraft nicht mehr fortgeschleudert werden konnte, sich um die Eruptionsöffnung herum ablagerte. Auf dem Monde finden wir den centralen Kegel kleinerer Krater, die denjenigen auf der Erde zu vergleichen sind; wir finden ihn aber auch in fortschreitend größeren Dimensionen bis zu den Ringgebirgen von 16 Meilen Durchmesser. Wo soll man hier die Grenze ziehen zwischen vulkanischen und nichtvulkanischen Centralbergen?“ Jedenfalls steht so viel fest, daß der Außenwall der eigentlichen Ringgebirge (von fünf bis über fünfzehn Meilen Durchmesser) ein ganz besonderes, wunderliches Gebild darstellt, das durch die einfachen Vergleichungen mit der Vesuv-Somma nicht mehr charakterisiert werden kann. „Ihre Wälle sind,“ mit Neisons scharf präzisierendem Wort, „erträglich regelmäßig und vollkommen, wenn auch von sehr ungleicher Höhe, indem sie stellenweise in hohe Spitzen aufsteigen und gelegentlich zu bloßen Dämmen zusammensinken, während sie häufig von Kraterhöhlungen und Kraterlöchern durchbrochen und von Schluchten und Pässen durchkreuzt werden. Bei genauer Prüfung erscheinen sie indes eher polygonal als kreisförmig, wenn auch gewöhnlich mit gekrümmten Seiten. Gegen das Äußere sind die Wälle, besonders in Berggegenden, sehr unregelmäßig, und werden die langen, oft terassenförmigen Abhänge



Eine Sonnenfinster

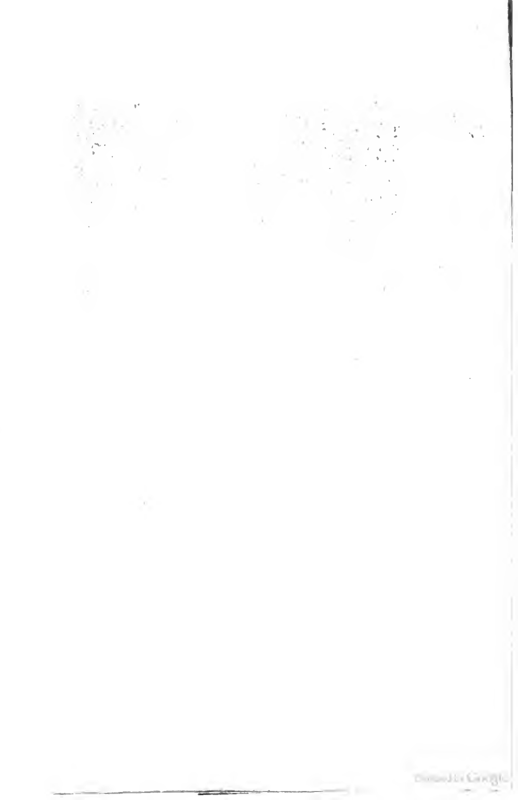
Im Vordergrunde eine Mondlandschaft nahe dem Nordpol des Mondes bei dem Ringgebirge A

(Nach einer Zeichnung von W. Kranz)



…is auf dem Monde.

…otelee. Am tiefschwarzen Himmel die Erde, die bei ihrem Vorübergang die Sonne verfinstert
…der Leipziger „Illustrierten Zeitung".)



von Formationen der verschiedensten Art unterbrochen, während sich Rücken und Hügel nach verschiedenen Richtungen ausbreiten. Der innere Abhang der Wälle ist stets steiler und regelmäßiger als der äußere und wird im



Mondlandschaft mit sogenannten Rillen.
Man gewahrt sie als verzweigtes Netz dunkler Spalten links von dem großen Krater der Mitte.
(Nach Nasmyth und Carpenter.)

allgemeinen nur von wenigen Hervorragungen und vielleicht von einer oder zwei niedrigen Terrassen unterbrochen, obwohl bisweilen die Größe und Anzahl dieser Hervorragungen und Terrassen so zunimmt, daß beide Abhänge einen höchst verwickelten Charakter erhalten und sich von den Wällen selbst bisweilen Arme gerade über die innere Fläche ziehen. Die

wahren Ringebenen gewähren zum Unterschiede von den Kraterebenen nicht das Aussehen von wirklichen Kratern in der allgemeinen Bedeutung des Wortes. Dies ergiebt sich, wenn man sie kritisch mit geeigneten optischen Mitteln und anhaltend genug beobachtet, um mehr ihre wirkliche als scheinbare Konstruktion zu verstehen, wobei nicht zu vergessen ist, daß bei jeder Beleuchtungsperiode gewöhnlich kaum ein Viertel der thatsächlichen Details erkennbar ist. Die mäßig tiefen, an Höhe sehr ungleichen und mit vielen Spitzen versehenen Wälle, sowie auch die allgemeine Gestaltung der äußeren Abhänge lassen vermuten, daß die Ringebenen eher mit den Wallebenen als mit den Kratern von gleichem Ursprunge sind. Die Schwierigkeit, zwischen ihnen und den Kraterebenen eine bestimmte Grenze zu ziehen, resultiert aus der Existenz einiger wenigen Formationen, die wegen ihrer allgemeinen Analogie mit den übrigen als Ringebenen betrachtet worden sind, während sie in manchen Punkten gleichfalls der Natur der Kraterebenen entsprechen. Dieser Mangel einer deutlichen Trennung zwischen den beiden Formationsklassen ist indessen in keiner Weise ein Hindernis für die Voraussetzung, daß sie auf verschiedene Weise entstanden sind; denn unter diesen Umständen könnte man mit Recht annehmen, daß die beiden äußeren Glieder in der nämlichen Richtung vieles gemeinsam besitzen, während kein Grund vorliegt, daran zu zweifeln, daß zur Bildung einiger Formationen beide Methoden in Wirkung getreten sind." Die individuellen Verschiedenheiten nehmen sich, wie man schon aus den letzten Sätzen ersieht, bei den Ringgebirgen außerordentlich weiten Spielraum und durchbrechen alle gröberen Schablonenpanzer. Es giebt Fälle, wo der Centralberg mit dem Walle verbunden ist, und andere, wo der ganze Boden sich vom Walle an direkt nach dem Innern heraufwölbt. Eine häufige Erscheinung, die ihre ganz besondere Merkwürdigkeit hat, ist das Auftreten gewissermaßen von Zwillingsringen, bei denen zwei große Ringgebirge, die sich in Gestalt, Durchmesser, Tiefe und Neigung außerordentlich ähnlich sehen, dicht beisammen stehen und mehr oder minder zusammenhängen. (Vergl. das Bild S. 536.)

Verliert sich so mit der zunehmenden Größe auch in den Details mehr und mehr die Ähnlichkeit zwischen irdischen Dingen und Mondgebilden, so fällt vollends aus allem, was nach Analogien schmeckt, heraus der Typus der sogenannten Wallebenen. Sie gleichen einem kleinen Mare mit starker Gebirgsumgebung. Ihr eigentliches Reich ist die Südhälfte des Mondes, da, wo keine Mare hinreichen. Blickt man auf die Mondkarte, so möchte man die ganze Oberfläche einem Netz mit ungleichen runden Maschen vergleichen. Nach Norden zu liegt es prall mit wenigen, riesig geweiteten Maschen. Nach Süden scheint es sich dagegen eng zum Klumpen aufzuhäufen, klein, aber zahllos dafür aneinander gedrängt liegen die Maschen hier bei einander, ein seltsames Gewirre erzeugend. Dabei sind

diese Wallebenen im Vergleich zu den Kratern immer noch Kolosse bis zu vierzig Meilen Durchmesser. In konsequenter Fortentwickelung vom Kraterwall zum Gebirgsring löst sich die Umrandung mehr und mehr in ein System großer, von Thälern durchkreuzter Gebirge auf, die sich nur in ihrer Hauptmasse meist zu einem mehr oder minder runden Kamm aus einer oder zwei großen Ketten vereinigen. „Gegen das Äußere und Innere erstrecken sich zahlreiche Arme, die bisweilen selbst über die Wälle hervorragen, bisweilen aber niedrig, kurz und unbedeutend sind. Hier und da erstrecken sich diese Arme, wie bei Schiller und Posidonius, durch den größeren Teil des Innern oder trennen dieses sogar in zwei Teile. An der Außenseite vereinigen diese Gebirgsarme und Wände bisweilen zwei

Neubildungen auf dem Mond in der Nähe des Kraters Hyginus *(H)*.
Am 24. und 25. Mai 1882 von Hermann J. Klein gezeichnet.
(Vergl. Text S. 549 ff.).

oder mehrere Wallebenen und erheben sich häufig, lange Thäler einschließend, zu beträchtlichen Rücken. Das Innere der Wallebenen ist in der Regel verhältnismäßig eben, oft, wie beim Plato und Archimedes, nur von wenigen Dämmen oder vielleicht Kraterkegeln und ähnlichen Gebilden unterbrochen, gewöhnlich aber von einer Anzahl kleiner Unregelmäßigkeiten, Rücken, Dämmen oder Kraterhöhlungen gestört, wie beim Maginus und Ptolemäus. Diese Unregelmäßigkeiten nehmen bisweilen beträchtliche Dimensionen an, wie in Posidonius, Gassendi und Catharina. Während viele Wallebenen eine runde Gestalt besitzen, sind andere von höchst unregelmäßigen Umrissen und erscheinen eher als verschiedene zusammenfließende Ebenen oder als ein von sich durchschneidenden Bergketten eingeschlossener Raum, wie als wirkliche selbständige Formationen. Die Wälle der Wallebenen sind häufig von sehr verschiedenem Charakter und die Unterschiede markieren sich am schärfsten, wenn eine Seite gegen ein erhobenes gebirgiges Plateau und die

andere an ein Mare anstößt. Unter diesen Umständen steigt eine Seite oft zu einem hohen Walle auf, der durch einige Thäler und Schluchten unterbrochen wird, während auf der anderen Seite der Wall allmählich verschwindend klein wird, und bald von engen Pässen, bald von weiten Spalten durchsetzt ist." (Neison.)

Das Wort „Gebirge" hat sich bei Schilderung der letzten Formationen wiederholt bereits von selbst in unsere Betrachtung gemischt. In der That besitzt der Mond außer den Ringgebirgen auch „echte" Gebirge, wenn auch diese für den ersten Anblick, ganz im Gegensatz zu unseren irdischen Verhältnissen, mehr in den Hintergrund treten. Unser Bild auf S. 519 zeigt ein Stück der Apenninen des Mondes in idealer Rekonstruktion, d. h., wie es auf dem Monde selbst einem Beobachter erscheinen würde. Die meisten Mondgebirge sind Massengebirge mit zackigen Hörnern und tief einschneidenden Thälern, die mehr das Bild einer Zusammensetzung aus vereinzelten rohen Bergklumpen hervorrufen als die Vorstellung von einer unsern wirklichen irdischen Alpen oder Apenninen mit ihren langen Graten und nach beiden Seiten absinkenden Flußläufen ähnlichen Formation. Die Höhe der äußersten Spitzen, die man unschwer aus dem scharfen Schatten, den sie werfen, ermittelt, ist allerdings mehrfach eine sehr ansehnliche, die sich wohl mit unsern irdischen Maßen messen kann. Das Leibnitzgebirge am Südpol steigt bis 8200 m auf, — unser Mount Everest im Himalaya ist nur 639 m höher. Dabei ist aber wichtig, daß wir bei unseren irdischen Höhenmaßen stillschweigend voraussetzen: so und so viel Meter über dem Meeresspiegel. Für den Mond fehlt ein solches grundgebendes Niveau. Die Ziffer bezeichnet die Höhe über der nächsten flachen Umgebung, und wenn man berücksichtigt, daß ein hoher Berggipfel am Rande eines Kraterbeckens von 2500 m Tiefe liegen kann, so ergeben sich gradezu enorme Abstände der tiefsten Mondgebiete von den höchsten und relativ ungeheure Berghöhen von anderthalb Meilen Erhebung.

Wir haben bis jetzt Typen des Mondes betrachtet, die sich noch halbwegs immer an irdische Objekte anschmiegen ließen. Bei den Ringgebirgen und Wallebenen war es schon beinah unmöglich. Es bleibt uns übrig, noch zwei Erscheinungen kurz zu berühren, die unbestritten *jeder irdischen Analogie entbehren.*

Bei Betrachtung des Bildes auf S. 527, das eine Mondlandschaft in der Nähe des Ringgebirges *Archimedes* darstellt, gewahrt man an mehreren Stellen, besonders links oben, wo der Kamm der Apenninen seine spitzen Schatten herüberwirft, *eigentümliche dunkle Linien,* die auf den ersten Anschein wie Flußläufe aussehen. Erinnert man sich dabei, daß diese Nasmyth-Carpenter'schen Mondbilder, wie oben erwähnt worden ist, nicht unmittelbar nach der Natur aufgenommen, sondern Wiedergaben sehr sorgfältig hergestellter und beleuchteter plastischer Kalkmodelle sind, so möchte

es scheinen, als sei an diesen Stellen die benutzte Materie des Modells beim Hartwerden geplatzt, — und diese Hilfsidee giebt das wahre Bild dessen, worum es sich eigentlich handelt, in der That am besten wieder, — nur daß das Kalkmodell ganz unschuldig ist und der „Riß" dem Monde selbst zukommt.

1787 sah Schröter als erster eine solche wunderliche Furche. Es war die auf S. 534 abgebildete krumme Linie bei den Ringgebirgen Aristarch und Herodot, und Schröter gebrauchte dafür das in der Folge als technischer Ausdruck eingebürgerte Wort „Rille". Heute zeigen unsere täglich vervollkommneten Mondkarten allenthalben solche Rillen über tausend an der Zahl, bald gradlinig, bald krumm, verzweigt und einander schneidend, manchmal über weite Strecken weg die Ebenen durchquerend, öfter aber noch den Rand der Mare, die Wälle der Krater und Ringgebirge zerspaltend und scheinbar ganz unabhängig von jeder Höhen- und Tiefengliederung des Bodens, wodurch die Ähnlichkeit etwa mit irdischen Flußläufen immer mehr zusammenschmilzt. Die größten erscheinen im Vollmond als zarte weiße Linien, bei den Phasen werden sie oft ganz schwarz, da der Schatten des einen Randes die Vertiefung füllt. Meist gleich breit, weisen sie bei schärfster Untersuchung doch unregelmäßige, mehr oder minder ausgebuchtete Ränder, der Boden aber scheint durchaus flach zu sein. Vielfach ist die Länge eine beträchtliche, bisweilen aber die Längenausdehnung in gar keinem Verhältnis zur Breite. Während man bei unseren irdischen Strömen die Breite in Metern, die Länge in Kilometern zu berechnen pflegt, giebt es Rillen, die nur zehn- bis zwölfmal so lang als breit sind. Auf eine Breite von 200—4000 m kommt im allgemeinen eine Tiefe von 100—400 m. Eine Erhöhung der Ränder über das umliegende Plateau ist vorhanden, aber nur sehr gering.


Der Ringwall und der dunkle Fleck der Wallebene Alphonsus auf dem Mond.
(Vergl. Text S. 545.)

Das ist das äußerliche Material, — es erschöpft im Umriß wieder einmal so ziemlich unsere ganze vorläufige Kenntnis. Alle Spekulation, die sich an die Rillen herangewagt hat, lahmt stark. Ungemein wichtig ist jedenfalls die eine, besonders von Mädler ausführlich begründete Thatsache, daß die Rillen gelegentlich die Kraterwände in einer Weise schneiden, die ganz und gar den Anschein erwecken muß, als sei die Rille jüngeren

Ursprungs und habe bei ihrer Bildung den schon vorhandenen Krater zersprengt. Bei einer Rille des Hyginus fühlte sich Mädler für diesen Punkt seiner Sache absolut sicher. Der Krater Hyginus hat einen inneren Durchmesser von 18000 Fuß. Er ist tief, zeigt aber nach außen nur einen niedrigen Wall. „Am 13. September 1832," erzählt Mädler, „um 5 Uhr früh zeigte die Luft einen für unsere Klimata höchst seltenen Grad von Heiterkeit und Ruhe. Das Innere des Hyginus lag ganz im Schatten mit Ausnahme zweier feinen, aber stark glänzenden Lichtlinien, deren Lage genau die Fortsetzung der außerhalb des Kraterwalles sichtbaren Rille bezeichnete. Hingegen war der Wall des Hyginus da, wo die Rille auf ihn traf, nordöstlich und westlich von einem sehr schmalen, völlig schwarzen Schatten unterbrochen. Folglich zieht die Rille durch Hyginus dergestalt hindurch, daß sie seinen Wall gesprengt hat und durch das Innere mit erhöhten Rändern fortgeht; ein deutlicher Beweis, daß sie später entstanden ist als dieser Krater." Ähnliche und noch lehrreichere Verhältnisse dieser Art haben sich seit Mädlers Tagen bei dem Bergring Bonpland und der Wallebene Perry ergeben, wo die Dimensionen sehr viel größere



Eigentümlich geschlängelte Rille (Spalte) bei dem Ringgebirge Aristarch auf dem Monde.
(Vergl. Text S. 533.)

als bei Hyginus sind. „Mädler," so berichtet der um die Mondforschung so hochverdiente Hermann J. Klein, „hat diese Gegenden genau untersucht, aber merkwürdigerweise von den hier auftretenden Rillen nie die geringste Spur wahrgenommen. Erst Kinau erblickte am 12. April 1848 mittels eines sechsfüßigen Refraktors von Lerebours östlich vom Ringgebirge Guericke ein rillenähnliches Thal, das wahrscheinlich der südlichste Teil der großen Rille ist, die Schmidt am 10. April 1851 entdeckte, und welche Fra Mauro und Perry durchzieht. Später hat Gaudibert gefunden, daß sich diese Rille noch weiter nordwärts gegen die Ebene erstreckt und dort bei einem sehr kleinen Krater endigt, so daß ihre Gesamtlänge nahezu 35 Meilen beträgt. Die Art, wie diese Rille den zwar nicht sehr hohen, aber massigen Nordostwall des Perry in einer schmalen, mit tiefschwarzen Schatten erfüllten Schlucht durchbricht, ist äußerst interessant und das schönste Beispiel dieser Art, das ich kenne. In Fra Mauro stellt sie sich dar wie eine Furche im Sande, denn das Innere dieses uralten, mannigfach zertrümmerten Bergkranzes ist mit äußerst zahlreichen, kleinen Unebenheiten, Hügeln und Felstrümmern bedeckt, welche es wie mit Sand angefüllt

erscheinen lassen. Die Rille selbst läuft im Perry zu einem gut sichtbaren Krater und darüber hinaus in die Fläche auf Guericke zu. Merkwürdig ist, daß dieser Rille rechts und links eine Menge kleiner Krater nahestehen, gleich den Stationen einer Eisenbahn. Der südliche Ringwall des östlich anschließenden Bonpland wird von zwei Rillen durchbrochen, die der vorgenannten einigermaßen parallel laufen. Die östlichste davon ist ziemlich

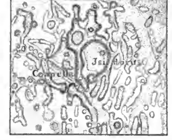


Die hellen Strahlensysteme bei den Ringgebirgen Kopernikus, Kepler und Aristarch
auf dem Monde,
bei hohem Sonnenstande gesehen. (Vergl. Text S. 511.)

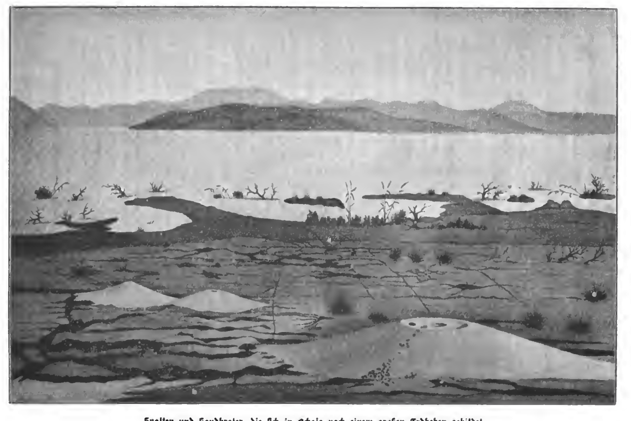
leicht sichtbar, im Innern des Perry etwas gekrümmt und geht südwärts in die Ebene, wo sie neben einem Krater endigt."

Die eigentliche Spekulation, die Mädler an seine Rillenstudien anknüpfte, war eine sehr komplizierte und schon deswegen wahrscheinlich wenig glückliche. Er dachte sich die Rillen „als die Wirkungen elastischer Kräfte, die aber, statt normal auf die Oberfläche in einer der Gravitation entgegengesetzten Richtung durchzubrechen, vielmehr, durch besondere Lokalumstände gezwungen, sich parallel unter der Oberfläche fortzogen und den Boden der Länge nach spalteten, wenn sie dies anders vermochten; denn in den meisten Fällen scheint die Wirkung sich darauf beschränkt zu haben, den Boden bloß etwas emporzutreiben und eine sogenannte Bergader zu bilden." Diese Äußerung

stammt aus einer Zeit, wo man Ansichten über die vulkanischen Erscheinungen unseres Erdkörpers und insbesondere über elastische Kräfte des Erdinnern huldigte, die gegenwärtig als ziemlich überwunden gelten können. Um so bedenklicher erscheint es also jetzt, mit solchen vagen Kräften noch bei Mondhypothesen zu wirtschaften. Will man den Vulkanismus der Erde wirklich heranziehen zu einer irgendwie brauchbaren Analogieerklärung, so dürfte es nur ein Gebiet aus der Riesenfülle seiner Erscheinungen geben, das relativen Wert hat. Die vulkanischen Phänomene beschäftigen uns eingehend im nächsten Buche. Hier sei bloß des interessanten Exkurses wegen ein Punkt vorweg genommen. In unsere Erdoberfläche schneiden enorme Spalten ein zunächst durch die wühlende Thätigkeit des Wassers: das großartigste Beispiel im Grand Cañon des Coloradoflusses in Nordamerika, wo das Wasser sich ein 200 englische Meilen langes, 5—12 Meilen breites und 5000—6000 Fuß tiefes Bett gegraben hat. Daneben aber finden sich als lokale Erscheinung plötzlich entstehende Spalten bei Gelegenheit von Erdbeben. Es ist zufällig grade der in Athen ansässige Mondforscher Julius Schmidt gewesen, der nach dem großen Erdbeben in Griechenland am 26. Dezember 1861 Augenzeuge solcher eigenartigen Phänomene war. Ein großes Stück Uferland geriet bei dem Erdbeben in eine sinkende Bewegung. Dabei platzte der Boden in zahlreichen Spalten auseinander, und aus den Spalten quollen hier und da kraterartige Kegel des eingepreßten Wassers, Schlammes und Sandes hervor. „Die ganze Ebene von Achaja," berichtet Schmidt, „ist flaches, angeschwemmtes Land, eine Deltabildung mehrerer Flüsse, ausgenommen sind nur der felsige Vorsprung von Diakoptas und das Hügelgebirge, auf welchem Ägion liegt. Der Boden besteht aus Humus, Lehm, Sand und Geröll, die von den Bergströmen herabgeführt werden. Der Sand ist weißer Sand und nur in der Nähe der Flußmündungen mit groben Geröllen gemischt. Das Ansteigen der Ebene gegen die Berge südwärts ist unbedeutend und mag 60—90 Fuß betragen. Indem jene Ebene sich im Laufe der Jahrtausende bildete, ein Produkt der aus dem Peloponnes herabkommenden Flüsse, hatte sie von Anfang an keine feste Verbindung mit den steil geneigten Abhängen der hohen Berge, welche die südliche Grenze der Ebene bilden. Sie war die Oberfläche einer mächtigen Schutthalde, deren Fuß im Grunde des Meeres stand und die sich an die Flanken der Berge anlehnte. Die große



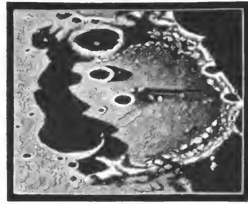
Isidorus und Kapella,
ein Doppelringgebirge auf dem Mond.
(Nach Lohrmann.)



Spalten und Sandkrater, die sich in Achaja nach einem großen Erdbeben gebildet.
Am 24. Januar 1862 von Julius Schmidt gezeichnet. (Nach J. Schmidt, Studien über Erdbeben. Leipzig 1879.)

Erschütterung des nahen Erdbebenherdes, die sehr ungleichförmige Fortpflanzung der Stoßwellen in heterogenen Ablagerungen bewirkten mit Leichtigkeit die Lostrennung der Alluvionenmasse von den geneigten Abhängen des Grundgebirges, so daß jene in eine abwärtsgleitende Bewegung gegen Norden geriet. So entstand zunächst eine 13000 m lange, bis 2 m und mehr breite Spalte, welche sich von Punta bis Gardena hart am Fuße der Berge hinzog. In dieser Bewegung der ganzen Ebene, indem sie sich bei der erwähnten Stelle 2 m und mehr senkte, neigte sie sich schwach gegen Norden, und es mußte notwendig ihr Küstensaum bleibend unter dem Meeresniveau verschwinden. Die Länge des untergetauchten Saumes wird auch annähernd 13000 m betragen; die Breite desselben wechselt von 100 bis 200 m und ist namentlich groß bei Diakophtitika und Taratza, dort, wo ehemals etwas nördlicher Helike lag, welche Stadt im Erdbeben 373 v. Chr. vom Meere verschlungen wurde. Gegen Westen nimmt die Breite des versunkenen Saumes ab, und ich schätze sie bei Temenion nur auf 10—20 m. Ich schließe, daß ungefähr 1300000 qm von dem Küstenstriche der Ebene verloren gingen. Der Raum, der vorwiegend von zahllosen Spalten zerrissen ward, umfaßt etwa $6^{1}/_{2}$ qkm, die Fläche der ganzen gesunkenen Ebene etwa 13 qkm. Von 13 Dörfern, die auf diesem Gebiete lagen, wurden zwei vollständig zerstört, die meisten anderen schwer beschädigt, nur eins blieb fast unberührt. So ging einst Helike durch ein völlig ähnliches, nur viel gewaltigeres Ereignis zu Grunde, als durch ein Erdbeben die ganze Ebene in abwärts gleitende Bewegung geriet und die alte, schon von Homer erwähnte Seestadt mit allen ihren Bewohnern plötzlich ins Meer versenkte. Eine so große Masse, die sich auf stark geneigter, unregelmäßiger Fläche senkte, mußte vielfach zerreißen. Durch die ungleiche Bewegung der Teile mußten zahllose Spalten entstehen; diese waren im ganzen der Küste parallel sehr verzweigt und durch Querrisse mit benachbarten Spalten verbunden, dabei teilweise so breit, daß ich sie weder zu Fuße noch zu Pferde überschreiten konnte. Nie waren sie mehr als 4 oder 5 Fuß tief und stets mit Erde, Sand und Schlamm ausgefüllt. Es zeigt sich aber auch die vom calabrischen Erdbeben her bekannte sternförmige Zerklüftung des Bodens in großen und ausgezeichneten Beispielen. Von einem 2—3 m breiten Loche aus erstrecken sich strahlenförmig gerade oder gewundene Spalten, die unter sich wieder durch feine Querrisse verbunden waren. Solche Stellen waren oft die Centren der Sandkegel und Sandkrater. Verbunden mit dem eben beschriebenen Hergange des ungleichförmigen Sinkens war ferner notwendig ein ungleicher, vielfach rasch wechselnder Druck, so daß also leichter bewegliche Massen, wie Wasser, Schlamm und Sand, stark gequetscht, genötigt waren, den Weg des geringsten Widerstandes zu suchen, und so durch schon vorhandene oder momentan sich bildende Spalten allein durch Druck oder Pressung an die Oberfläche gelangten. War dieser Druck stark

und schnell, so konnten sich Sand und Schlamm zu Kegeln auftürmen, und traten noch mächtige Wasserstrahlen und gewaltsam getriebene Gasmassen dazu, so kam es zur Bildung von Kratern auf diesen Kegeln, an deren Gipfeln die flüssige Masse ausgeworfen wurde. Daß dieser Hergang so und nicht anders erfolgte, sah ich, wie schon erwähnt, an kleinen Spalten und Sandkegeln zu Kalamaki; was sich in Achaja im großen ereignete, war genau dasselbe. Der Umstand, daß ich bei keinem Kegel Neigungswinkel der Außenflächen von 30° fand, beweist, daß nicht nur feuchte Massen ausgetrieben wurden, sondern daß die Krater auch Wasser in Menge ergossen, wodurch die Steilheit der Kegel vermindert ward. In der östlichen Ebene zählte man die Kegel von Hunderten; den Durchmesser des Fußes bei dem größten unter ihnen fand ich zu 20 m, dessen schön erhaltener Krater aber war kaum 1 m breit; er war wenig tief, sanft ausgehöhlt mit abgerundeten Rändern. Auf seinem Grunde zeigten sich zwei Löcher von etlichen Zoll Durchmesser, und aus diesen waren Rollsteine, schwarze Holzstücke, Teile von Baumzweigen mit dem Wasser aus dem Sande ausgeworfen worden. Weiter gegen Westen nahm die Größe der Sandkegel ab, und die Krater wurden seltener, wobei jedoch zu beachten, daß diese Bemerkungen fast einen Monat nach dem Erdbeben datieren. Bei Valomytika sah ich am Orte des versunkenen Strandes hohe Schilfhalme, Gartengesträuch, Mandel- und Ölbäume aus dem Meere aufragen."



Die Wallebene Clavius auf dem Mond
kurz nach Sonnenaufgang.

Mädler sagt darüber: „Unbeschreiblich prachtvoll ist in einem guten Fernrohre der Anblick des Sonnenaufgangs über Clavius Fläche. Die kleinen, hellglänzenden Lichtringe, die man alsdann im Schatten emporragen sieht, sind Kraterwälle; bei einigen zeigt sich der Ring anfangs noch als Kranz von isolierten Lichtpunkten, andere zeigen sogleich Zusammenhang. Lange matte Lichtstreifen ziehen bald darauf in Parallelrichtung durch die Fläche hin, es sind die ersten, durch einige tiefere Stellen des Ringgebirges dringenden Sonnenstrahlen. Wenn der Schatten sich (bis zu einem gewissen Punkte) zurückgezogen hat, so zeigt sich im östlichen Teile der Dämmerungsbogen dadurch, daß der Fuß der schon beleuchteten Ringgebirge noch graue Schattierung hat. Völlige Nacht kann alsdann, obgleich die Sonne noch unter dem Horizonte weilt, wegen des Widerscheins der ungeheuren Bergwand nicht mehr stattfinden."

Ich habe gesagt, daß diese Spaltenbildung beim Erdbeben die einzige Analogie zu den Mondrillen aus dem Gebiete irdischer Erscheinungen

die an den Vulkanismus grenzen, sei. Damit ist natürlich nicht ausgesprochen, daß diese Analogie eine positive Erklärung der Rillen sei. Immerhin läßt sich an sie ein leichtgeschürzter Gedankengang anschließen, der nicht ohne Interesse ist. Unsere neueste geologische Schule sieht in der Hauptmasse der Erdbeben Äußerungen eines eigentümlichen Lebens der scheinbar starren Erdrinde. Die Erdrinde zieht sich infolge zunehmender Erkaltung des Innern zusammen. Dabei stauen sich Gebirge faltenartig auf und weite Plateauflächen sinken umgekehrt ab. Hand in Hand mit diesen langsamen, aber unausgesetzt wirksamen Bewegungen gehen Erdbeben, und zwar zeigen sie sich, ebenso wie die Vulkane, in engster Verbindung mit allen Störungslinien, zumeist in der Umgebung der Kettengebirge. Analoge Vorgänge einer durch Erkaltung bedingten Zusammenziehung werden bei dem Monde geradezu Wahrscheinlichkeit, ja man darf sie sich ohne Zwang noch sehr viel weiter vorgeschritten denken. So ließe sich ein vager Ausblick gewinnen. Man könnte die Rillen denken als ins Riesige übersetzte Erdbebenspalten infolge wachsender Einschrumpfung und regen Absinkens großer Oberflächenmassen. Grade Julius Schmidt hat mit Nachdruck darauf hingewiesen, wie die Rillen zwar alte, große Kraterringe durchbrechen, selbst aber wieder oft nur wie eine Kette winziger Krater, die wie eine Perlschnur aneinandergereiht sind, erscheinen. Die Analogie jener griechischen Sand- und Schlammkrater, die grade aus der Spalte wachsen, ergäbe sich da also auch noch als Hilfe. Man könnte den Mädler'schen Gedanken so weit beibehalten, daß eine Epoche des Mondes, die — einerlei wie — die großen Wälle erzeugt hat, längst vorüber ist, daß diese Wälle jetzt Ruinen sind, wie etwa die Somma des Vesuv, daß die Rillen und die kleinen allenthalben aufgequollenen Krater eine neue Epoche konsequenten Einsinkens andeuten, die möglicherweise gegenwärtig noch im Gange ist, falls, wie einige kompetente Beobachter gesehen zu haben glauben, vor unsern Augen jetzt noch neue Mondrillen und neue Mondkrater entstehen und alte verschwinden. Es mag genügen, die Perspektive bis hierher aufzurollen, ohne weiter ins Detail zu gehen und den Anschein irgend welcher größeren Sicherheit zu erwecken. Die Wahrscheinlichkeit, daß die Mondrillen irgendwie mit Erkaltungsprozessen des Mondes zusammenhängen, hat sich den schärfsten Beobachtern der neueren Zeit jedenfalls immer stärker aufgedrängt. Klein, der allen Hypothesen sehr skeptisch zu begegnen pflegt, kann doch vor jenen oben erwähnten Rillen bei Fra Mauro, Parry und Bonpland nicht umhin, das Urteil zu fällen: „Wenn man diese nahezu parallelen Schluchten betrachtet, welche die gemeinsamen Wälle dreier uralter Ringgebirge zerrissen haben, so kann man sich nicht des Gedankens erwehren, daß diese Rillen Risse in der Mondoberfläche sind, die durch eine allgemeine Ursache hervorgerufen werden. Als solche betrachte ich die Zusammenziehung des Mondes infolge

seiner Erkaltung." Neison ist vorsichtiger, er betont, daß doch gewisse Ähnlichkeiten auch mit unsern irdischen Flußbetten vorkämen. Aber auch er schränkt das so ein, daß „vielleicht diese Rillen, ungleich den terrestrischen Flußbetten, unabhängig entstanden" sind, „aber nachher dem Zwecke von Flußbetten gedient haben".

Das letzte Glied in der Reihe der vieldeutigen Mondformationen setzt was Undurchdringlichkeit seines physischen Geheimnisses anbetrifft, allem Früheren die Krone auf. Um was es sich rein äußerlich handelt, erkennt der Leser aus dem anschaulichen Bilde auf S. 535. Von Kratern ausstrahlend, gewahrt er da eigentümliche helle Lichtstreifen. Sie treten mit ihrem intensiven Glanze hervor, wenn bei Vollmond die Sonne am grellsten die Oberfläche bescheint. Kein Schatten zeigt sich um diese Zeit im Bereich der Krater, alle Konturen verschwimmen im gleichmäßigen Licht. Grade da aber zeigen sich mitten in ihm als hellstes Objekt jene Adern. Wandert die Sonne weiter und beginnen die zackigen Kraterränder ihre grotesken Schatten zu entwickeln, so verschwinden die Streifen ohne eine leiseste Andeutung eigenen Schattenwurfs. Bergadern sind es also auf keinen Fall, mit den Rillen haben sie auch nichts zu thun. Das Bild zeigt sehr gut die radiale Ausstrahlung von Kratern, und ein einzelner Krater (etwa Kepler oben rechts) herausgegriffen mit seinem Fächersystem, könnte wohl an alte Lavaströme denken lassen, die einst dem Gipfel entflossen sind gleich den erstarrten rötlichen Schlangenlinien, die sich vom Ätna und Vesuv aus so malerisch ins grüne Land hineinziehen. Aber der Vergleich wird wieder ganz unsicher, sobald die Größenverhältnisse in Betracht kommen. (Vergl. dazu besonders die Mondphotographie auf S. 543, die einige Strahlensysteme in ihrem Verhältnis zur ganzen Mondoberfläche sehr deutlich kennzeichnet.)

Das riesigste Strahlensystem des Mondes entwickelt die große Ringebene Tycho. Während die Rillen nur seinen Instrumenten sich erschließen, gewahrt man die Lichtstrahlen bei Tycho im Vollmond schon mit einem gewöhnlichen Opernglase. Der eigentliche Ring Tycho's hat 12 Meilen Durchmesser. Der Wall ist kreisförmig, nach außen wie innen in Terrassen absteigend, im centralen Abgrund von 17 113 Fuß Tiefe ragt ein Berg zu 4952 Höhe auf. Ringsum drängt sich ein Gewirre von Kratern, Bergen und Ringgebirgen. Alles aber tritt zurück gegen die Großartigkeit und kolossale Ausdehnung des ausstrahlenden Lichtstreifensystems. „Tycho," so beschreibt Neison, „ist das Centrum des Hauptstreifensystems des Mondes, indem Lichtstrahlen von ihm nach aller Richtung ausstrahlen und sich über ein Viertel der ganzen sichtbaren Mondoberfläche erstrecken. Im Süden erreichen sie den Rand, im Osten Cajnanus und Hainzel, und im Nordosten erstrecken sie sich bis Bullialdus und verlieren sich im Mare Nubium; im Norden werden sie plötzlich durch Hesiodus aufgehalten und



Das erste Viertel des Mondes.

Nach einer photographischen Aufnahme im großen Refraktor der Lick-Sternwarte vom Sommer 1888, mitgeteilt in der Zeitschrift „Himmel und Erde". (Berlin, bei Paetel.)

(Dem astronomischen, umkehrenden Fernrohr entsprechend steht das Bild für den Standpunkt des Beobachters mit unbewaffnetem Auge auf dem Kopf, was der Leser sich merken möge, der sich nach der Zeichnung über die Namen der mit bloßem Auge sichtbaren Mondflecken orientieren will.)

Sehr deutlich erkennt man als dunklere Stellen die sogenannten „Meere" (Mare); ganz links etwas nach unten am Rande das scharf abgeschlossene Mare Crisium, unmittelbar darüber das Mare Foecunditatis, das in der Verlängerung rechts unten in das Mare Tranquillitatis übergeht, während es weiter oben rechts durch Gebirge (Pyrenäen) von dem runden Mare Nectaris getrennt ist. An das Mare Tranquillitatis schließt sich ganz unten das Mare Serenitatis an, das selbst wieder durch einen auf unserm Bilde besonders hell hervortretenden Höhenzug (Hämus) von dem mehr rechts und höher liegenden Mare Vaporum getrennt ist. Ganz nahe dem Nordpol (unten!) liegt das auf dem Bilde nur ganz schwach angedeutete Mare Frigoris. Neben den „Meeren" fallen besonders ins Auge die zahlreichen kraterähnlichen Gebilde, die sich gegen den Südpol (oben!) hin immer zahlreicher drängen: rechts vom Mare Nectaris gewahrt man drei ungeheure Ringe dieser Art (von unten nach oben): Theophilus, Cyrillus und Catharina; ein gutes Stück rechts davon in derselben Breite, aber schon fast am Schattenrande, ragen die noch größeren Wallebenen Albategnius und (ganz rechts) Ptolemaeus; etwas tiefer treten auf der Photographie sehr hell und deutlich hervor die beiden kleinen Ringebenen Godin und Agrippa, von denen eigentümliche strahlige Formationen ausgehen; noch ein Stück weiter — und im dunklen Mare Vaporum glänzt (sehr deutlich) die Ringebene Manilius; in dieser Gegend, ein Stück weit oberhalb des Manilius und ebenfalls noch innerhalb des Mare Vaporum liegt der im Text S. 549 eingehend besprochene seltsame Krater Hyginus, der durch seine Veränderlichkeit berühmt geworden ist; der andere veränderliche Krater des Mondes, Linné (vergl. Text S. 547), liegt ein kleines Stück weit unterhalb des Manilius nahe am Rande im Mare Serenitatis; unter den spärlicheren Kratergebilden der nördlichen Polargegend (unten!) sind auf dem Bilde noch sehr schön zu erkennen die beiden einander ähnlichen Ringebenen Eudoxus (die obere) und Aristoteles.



Das letzte Viertel des Mondes,

ebenfalls nach einer Photographie der Lick-Sternwarte (vergl. das gegenüberstehende Bild). Hier treten zunächst die größten „Meere“ des Mondes (als dunkle Stellen) hervor; unten, vom Höhenzug der Apenninen links scharf begrenzt, das große Mare Imbrium; rechts oben öffnet es sich gegen den Oceanus Procellarum, die größte dunkle Fläche des ganzen Mondes, an die sich nach oben wie zwei riesige Buchten das Mare Nubium (links) und das Mare Humorum (rechts) anschließen. Trotz der weiten Ausdehnung der „Meere“ fehlt es auch dieser Mondhälfte nicht an kolossalen und bemerkenswerten Kratergebilden; nicht weit vom Südpol wird ein solcher Krater auffällig durch die eigentümlichen hellen Streifen, die nach allen Seiten weit von ihm fortstrahlen, — das ist Tycho, der schönste und wegen seines Strahlensystems (vergl. Text S. 541) berühmteste aller Mondkrater; ähnliche Streifen erblickt man nahe der Mitte der Mondhälfte, ausgehend von den gigantischen Ringgebilden Kopernicus (links) und Kepler (rechts); ein anderer, sehr deutlich an der unteren Grenze des Mare Imbrium (nahe der links gelegenen der beiden Einbuchtungen des Mare) hervortretender Krater ist die Wallebene Plato, merkwürdig wegen ihres periodischen Farbenwechsels (vergl. Text S. 515); endlich ist noch beachtenswert als Maßstab für das kleinste dem bloßen Auge noch erkennbare Objekt auf dem Monde die im rechten hellen Rande etwas oberhalb der Mitte dunkel eingesenkte Wallebene Grimaldi.

dehnen sich westlich davon so weit nördlich wie Thebit und Alphonsus aus. Ihre größte Erstreckung aber haben sie in nordwestlicher Richtung, indem sie sich bis zu den Gegenden jenseits Piccolomini, der Altai-Berge und Theophilus ausdehnen, und ein Streifen erstreckt sich sogar über Menelaus, quer durch das Mare Serenitatis bis zu der Gegend jenseits des Thales, oder fast quer durch den Mond; im Westen endlich, wo sie am dichtesten sind, erreichen die Streifen fast den Rand. Die großen Lichtstreifen werden

sichtbar, wenn die Sonnenhöhe größer als 25° ist und verschwinden, wenn sie unter diese Höhe sinkt; nur einige der intensivsten bleiben länger sichtbar, und diese können selbst in dem dunklen, von dem Lichte der Erde beleuchteten Teile des Mondes gesehen werden; nahe der Lichtgrenze sind indes keine zu sehen. In den Berggegenden beginnen die Streifen zu erscheinen, wenn die Schatten verschwinden, und wenn die Streifen verschwunden sind, werden die Schatten wahrnehmbar. Unter der einförmigen Monotonie an Helligkeit, welche die Lichtstreifen besitzen, verschwinden einige der prächtigsten und riesigsten Formationen gänzlich, wie zum Beispiel Clavius, Longomontanus, Wilhelm I., Heinsius, Sasserides, Gauricus, Lexell, Orontius, Walter, Nasireddin, Stöfler, Maginus, Maurolycus und Moretus. Von diesen großen Wallebenen mit ihren außerordentlich hohen und massiven Wällen kann bei Vollmond nicht die geringste Spur wahrgenommen werden. Einige unter den kleineren Formationen, die entweder innerhalb oder auf den Wällen dieser prächtigen Wallebenen liegen, können infolge des Umstandes, daß ihre Helligkeit größer ist als die der Streifen von Tycho, unter hoher Beleuchtung entdeckt werden. Infolge des Verschwindens der großen umgebenden Wallebenen und mit geringer Ausnahme aller der kleinen Objekte, bieten die Umgebungen von Tycho im Vollmonde einen durchaus anderen Anblick dar, wie nahe der Lichtgrenze. Eine merkwürdige Erscheinung im Zusammenhange mit den Streifen von Tycho, ebensowohl wie in weniger markiertem Grade mit denen von Kopernikus und Kepler ist die Thatsache, daß man sie auf den Photographien deutlicher sehen kann, als bei Vollmond mit bedeutender Mühe zu finden ist. Es weist dies darauf hin, daß die den Streifen in so großem Maße innewohnende Kraft, die verschiedenen Formationen zu verdecken, photographisch bei weitem weniger mächtig ist als optisch."

Von einer Deutung dieser geheimnisvollen Strahlen kann gegenwärtig absolut keine Rede sein. Mädler hat auch hier mit „vulkanischen" Ursachen operiert, aber er mußte zu Hypothesen seine Zuflucht nehmen, die in Wahrheit grade der Analogie aus unserem irdischen Vulkanismus vollkommen entbehrten. Erhitzte Gase, die nicht zum Ausbruch kommen konnten, sollten auf ihrem Lauf in der Tiefe die Oberflächenmassen strichweise so in ihrer Struktur verändert haben, daß eine andere und verstärkte Art, das auffallende Licht zu reflektieren, ihnen verliehen wurde. Es geht dieser Hypothese wie jener anderen über die Rillen: um ein vor Augen stehendes Geheimnis der Oberfläche zu erklären, wird ein Geheimnis der unsichtbaren Tiefe erfunden, das keinen Zoll weiter bringt. Das eine ist allerdings sehr wahrscheinlich, daß die Strahlensysteme nicht mehr eigentlich in das Gebiet der Formenlehre des Mondes gehören, wie Krater und Rillen, sondern uns mineralogischen Verhältnissen, Substanzunterschieden in der oberflächlichen Masse des Mondes zuführen. Der Hammer des Gestein-

kundigen müßte hier einsetzen, um Klarheit zu geben, und das Fernrohr wird möglicherweise stets eine machtlose Waffe bleiben. Wenn es die Strahlensysteme nicht schon andeuteten: hundert andere Details predigten es klar genug, daß die Mondfläche, die wir sehen, nicht einfach ein Gewirre formaler Unterschiede einer gleichartigen Stoffmasse ist. Beweisend sind hier vor allem die unwiderleglichen Variationen in der Farbe. Der ganze mittlere Teil des Mare Serenitatis ist deutlich hellgrün. Im Mare Humorum herrscht dunkleres Grün vor. Das Mare Frigoris ist schmutzig gelbgrün, der Palus Somnii eigentümlich goldbraun. Bei Lichtenberg sah Mädler eine rötliche Bodenfarbe. Im ganzen zeigt die Mondoberfläche, wie Neison sich ausdrückt, „jeden Ton von blassem Gelb, Grau und Weiß, und an vielen Stellen geht das Gelb fast in ein blasses Braun über. Ein sehr bemerkenswerter Kontrast findet statt zwischen dem Grauweiß und Weiß der helleren Teile der hohen Berggegenden und der Wälle der großen Ringgebirge, sowie dem Grauweiß und Weiß der Streifen; ersteres erscheint von bedeutender Intensität mit einer deutlichen Färbung von Gelb, während letzteres ein dünnes bläuliches Weiß von geringer Intensität zu besitzen scheint, fast als wenn es opalisierend wäre. In gleicher Weise scheint das Weiß der helleren Krater mehr bläulich zu sein, als gelb wie bei den Ringgebirgen, obgleich es diese an Intensität der Färbung übertrifft.“

In der Wallebene Alphonsus liegt ein wunderlicher dunkler Fleck (vergl. das Bild auf S. 533), bei dem Doppelkrater Messier zeigen sich zwei völlig gleiche und schnurgrade, intensiv weiße Streifen, die wie ein Kometenschweif aussehen. Einzelne Teile des riesigen, 12 Meilen im Durchmesser besitzenden Ringgebirges Kopernikus erglänzen bei hoher Beleuchtung in bläulichem Schimmer. Es liegt gradezu auf der Hand, daß diese Farbenunterschiede auf Unterschieden des Gesteins beruhen oder wenigstens aufs engste mit der materiellen Oberflächenbeschaffenheit verknüpft sind. Denn kompetente Forscher, die der Ansicht zuneigen, daß der Mond noch eine, wenn auch dünne Atmosphäre besitze und nicht gänzlich des Wassers entbehre, haben wiederholt betont, daß man neben mineralogischen Unterschieden immerhin doch auch an lokale Überzüge der Gesteinsrinde durch Vegetation denken könne. Insbesondere ist das bei dem lichten Grün des Mare Serenitatis keineswegs von phantastischen Spekulanten, sondern vielmehr sehr besonnenen Köpfen als Hypothese aufgestellt worden. Sicher ist, daß gewisse periodische Farbveränderungen je nach dem Sonnenstande, aber unabhängig von der Beleuchtung selbst, an einzelnen Orten eintreten, — sei es nun, daß Licht und Wärme hier das Gestein in seiner Struktur verwandeln oder wirklich eine Art von Vegetation zum Aufblühen bringen. Das beste Beispiel bietet Plato. „Die genannte Formation ist eine Ringebene von 13 Meilen im Durchmesser und hat ein ebenes Inneres, das nur wenige Kraterkegel enthält. Bei Sonnenaufgang erscheint das Innere

in der gewöhnlichen trüben Färbung der Oberfläche; dann nimmt es für kurze Zeit schnell an Helligkeit zu, in gleicher Weise wie der Rest der Oberfläche. Statt aber dann diese Helligkeit beizubehalten, beginnt es langsam zu dunkeln, bis es bei Vollmond stahlgrau ist und einen der dunkelsten Punkte auf dem ganzen Monde bildet. Bald nachher beginnt es allmählich heller zu werden und macht eine in etwa ähnliche Veränderung durch, nur daß das Innere durchweg etwas dunkler ist. Diese Veränderung der Helligkeit kann nicht als Wirkung des Kontrastes betrachtet werden, da sie bleibt, wenn man diesen eliminiert. Sie scheint von einigen besonderen Bildungen der inneren Fläche herzurühren." (Neison.)

Die zuletzt besprochenen Erscheinungen haben uns schon nahe zu einer doppelten Debatte hingeführt, deren Resultate hervorragend interessant sein müssen.

Einmal der, ob auf dem Monde überhaupt noch wirkliche Veränderungen gegenwärtig vor sich gehen, — also ein wirkliches Mondleben noch existiert, einerlei, ob es nun bis zu organischem Leben sich steigert oder bloß in vulkanischen und ähnlichen Prozessen sich äußert?

Dann der zweiten, ob für organisches Leben die Grundbedingungen: eine atmosphärische und feuchte Umhüllung der Oberfläche, beim Monde vorhanden sind?

Es giebt einen gewissen Kreis von Veränderungen auf dem Monde, die man schon rein theoretisch als unbedingt notwendig bezeichnen muß. Die im Relief erhabenen Mondformationen, Gebirge wie Kraterwälle, sind bei den eigentümlichen Beleuchtungsverhältnissen des Mondes und infolge des Umstandes, daß eine Atmosphäre, selbst wenn sie vorhanden ist, dort ungemein schwach sein muß und wenig schützen kann, abwechselnd den furchtbarsten Temperaturdifferenzen ausgesetzt. Auf vierzehn Tage intensivster Sonnenhitze folgt eine vierzehntägige Nacht, die den grausig niedrigen Thermometerstand des eisigen Weltraums heraufbeschwört: von + 300° Celsius schwankt die Wärme nach gangbarer Rechnung, die allerdings unsicher ist, bis zu — 75°. Solchen enormen Unterschieden wird kein Gestein dauernd widerstehen können. Verwitterungsprozesse müssen eintreten. Kraterwände bersten und stürzen zusammen. Aber was theoretisch unanfechtbar ist, wird dem wirklichen Beobachter doch nur durch seltenen Zufall deutlich werden, und im Grunde haben, selbst wenn sie sich auch im Glase direkt offenbaren sollten, die Veränderungen dieser Art nur ein geringes Interesse. Spricht man im engeren Sinne von schon beobachteten oder wenigstens gesuchten „Veränderungen der Mondoberfläche", so denkt man wesentlich an viel aktivere Dinge: Äußerungen vulkanischer Thätigkeit, Vegetationsprozesse oder ähnliches. Und die moderne Mondforschung ist in der That der Ansicht, daß auch solche Wandlungen engerer Art — einerlei, welcher noch spezielleren Deutungskategorie man sie nun unter-

werfen mag — thatsächlich nachgewiesen sind. Ja, es handelt sich bei den zur Diskussion stehenden Fällen sogar um sehr bedeutende Veränderungen. Kleinere würde man mit unsern Mitteln gar nicht nachweisen können, — das Wörtchen „klein“ umschließt in diesem Sinne aber noch immer nahezu alles Größte, was beispielsweise unser irdischer Vulkanismus an Veränderungen auf der Erde hervorbringt. Wenn sich in weiten Kreisen das Bild des Mondes als einer völlig toten, regungslosen Wüste längst erloschener Krater eingebürgert hat, so ist es gewiß von großem Nutzen, daran zu erinnern, daß unser ganzes lavasprühendes und aus zahllosen Schloten qualmendes Vulkanleben der Erde vom Monde aus mit unseren Instrumenten gar nicht wahrnehmbar wäre, — vielleicht abgesehen von einer gelegentlichen Monstre-Explosion wie der des Vulkans von Krakatau an der Sunda-Straße, die aber auch für die Erde vielleicht nur in Jahrtausenden einmal wiederkehrt. Je schärfer unsere Mittel werden, desto dichter erscheint der ganze Mond durchlöchert mit relativ kleinen Kraterspitzen. Von solchen könnten viele Hunderte rauchen und Lavaströme entsenden, ohne daß unsere besten Teleskope je etwas davon gewahr würden.

Die ältesten Nachrichten über eine aktive „Thätigkeit“ des Mondes sind heute fast sämtlich wertlos geworden. Die Mondlava, die Wilhelm Herschel aus der dunklen Mondscheibe aufleuchten sah, hat sich als ein optischer Irrtum, hervorgerufen durch heller beleuchtete Bergspitzen, herausgestellt. Die Mondgewitter mit zuckenden Blitzen, die andere verzeichneten, sind der Erklärung durch zufällige Sternschnuppenschwärme der Erdatmosphäre, die sich dem Beobachter auf die Mondscheibe projizierten, gewichen. Aber um so energischer haben dafür eine Reihe ganz eigentümlicher lokaler Wandlungen unerwartetster Art sich neuerdings Geltung zu verschaffen gewußt.

Von drei Seiten — von Julius Schmidt in Athen, von Hermann J. Klein in Köln und von Edmund Neison in England — sind sehr sorgfältige Studien über solche Vorgänge angestellt worden, deren Resultate auf alle Fälle einen Ausgangsboden abgeben, auf dem die Zukunft weiterbauen mag.

Auf der schönen Mondphotographie der Lick-Sternwarte, die auf S. 542 wiedergegeben ist, gewahrt man (das Bild steht wie alle Fernrohrbilder auf dem Kopf!) in der linken unteren Hälfte das länglich runde Mare Serenitatis. Nahe dem rechten Rande steht ziemlich einsam in der Ebene der Krater Linné. Hier glaubte zuerst Julius Schmidt im Oktober 1866 eine entschiedene Wandlung nachweisen zu können. Seine These faßt er selbst in die folgenden kurzen Sätze zusammen. „Zur Zeit der Arbeiten Lohrmanns und Mädlers, 1822—1832, war Linné ein mehr als 5000 Toisen breiter und sehr tiefer Krater, deutlich als solcher sichtbar, wenn er, der Phase nahe, mehr oder weniger beschattet sein mußte. Er war der drittgrößte in

Mare Serenitatis, ward von Schröter und 1841—1843 auch von mir gesehen und gezeichnet. Wenigstens seit dem 16. Oktober 1866 kann die Kratergestalt des Linné zur Zeit schräger Beleuchtung durchaus nicht wahrgenommen werden. Der Athener Refraktor zeigt im Innern jener Figur zuweilen einen feinen schwarzen Punkt von 300 Toisen Durchmesser. Es ist unmöglich, daß Lohrmann und Mädler den Linné als scharfen Krater zeichneten und ihn sogar als Fixpunkt erster Ordnung auswählten, wenn er damals den jetzigen Charakter gehabt hätte. Bei hoher Beleuchtung ist Linné immer als Lichtfleck sichtbar und war so gewiß seit mehr als 20 Jahren gesehen worden." Waren die alten und neuen Beobachtungen beide richtig, so hatte man hier also das Ereignis vor Augen, daß ein Krater sich bis zum Rande ausgefüllt hatte. Statt einer dunklen Höhle erschien ein weißer, wolkiger Fleck. In der Folge ist dann in diesem Fleck abermals ein kleiner Krater aufgetreten, mit einer Öffnung, die aber noch nicht ein Sechstel der von den älteren Mondforschern beschriebenen im Durchmesser hatte. In seinen Erklärungshypothesen ist Schmidt der Ansicht, daß eine Dampf- oder Ascheneruption hier wohl nicht stattgefunden habe, da man sonst den Schatten der vulkanischen Wolke hätte sehen müssen. Ein Versinken des Kraters im Boden ist ganz ausgeschlossen. Als Wahrscheinlichstes stellt sich dar, daß der Krater sich im Innern mit irgend einer Materie gefüllt hat und daß die füllenden Massen dann noch allseitig über den Rand weggequollen sind und den ganzen schattenwerfenden Abhang auch nach außen so verflacht haben, daß das Ganze sich zu dem Bilde eines einfachen weißen Flecks umgestalten konnte. Es giebt nur eine ganz bestimmte irdische Erscheinung, die sich hier als Vergleich heranziehen läßt: unsere sogenannten Schlammvulkane. Wo, wie im Kaukasus, ungeheure Massen von Petroleum im Erdenschoße verborgen liegen, da lösen die aufsteigenden Ströme von Kohlenwasserstoffgas in Verbindung mit auf ihrem Wege sickerndem Quellwasser die thonigen Erdschichten zu einem lavaähnlichen Brei auf, der, losbrechend, flache dem Vesuv an Durchmesser nahe kommende Krater bildet, die sich in gewaltigen Schlammeruptionen entladen. (Vergl. die Farbentafel „Schlammvulkane".) Unwillkürlich verweilt der Gedanke dabei, ob nicht wirklich eine ähnliche Reaktion von in der Tiefe verborgenen, Gas erzeugenden Stoffen den geheimnisreichen Vorgang bei Linné, der einem echten Vulkanausbruch so ganz und gar nicht gleicht, erklären könnte.

Geht man auf der Karte vom Mare Serenitatis mit Linné noch ein Weniges aufwärts, so öffnet sich das Mare Vaporum mit der schönen Ringebene Manilius. Nach oben grenzt dieses Mare bei einer (auf der Photographie nicht sichtbaren) Rille, die nach dem links gelegenen Mare Tranquillitatis überleitet. Die Rille schneidet eine Kraterhöhle, — den früher schon einmal erwähnten Hyginus. Hier ist der Schauplatz eines zweiten Jagdzuges nach Mondveränderungen.

Handelte es sich bei Linné um eine verschwundene Tiefe, so hier um eine jäh zum Krater eingesenkte Ebene. Der Entdecker ist Hermann J. Klein, der erste Fund geschah 1877. Die Geschichte, wie die Nachricht dann in Neisons Hände kam und die ganze astronomische Welt in Bewegung setzte, ist eine so anmutige Episode aus der Chronik menschlicher Wahrheitsforschung, daß sie hier wenigstens im Auszuge mit Neisons eigenen Worten wiedergegeben sein mag. „Während eines Nachmittags Anfang April 1878 befand ich mich auf der Bibliothek der Königlichen astronomischen Gesellschaft (zu London) und unterhielt mich über die Aussichten der neugegründeten „Selenographischen Gesellschaft“ mit den Herren Sadler und Marth und, wie ich mich zu erinnern glaube, auch mit den Herren Common und P. Richards. Die soeben veröffentlichte erste Nummer des „Selenographical Journal“ lag vor uns, und ich war damit beschäftigt, auseinanderzusetzen, wie wichtig es sei, in diesem Journale mit einem Gegenstande von besonderem Interesse zu beginnen, um die Aufmerksamkeit der Astronomen auf die Existenz der Gesellschaft zu lenken und auf die Vorteile, die sie der Wissenschaft, welcher wir uns gewidmet, zu gewähren verspreche. Es wurden verschiedene Vorschläge gemacht, denn meine Ansichten waren in vollkommener Übereinstimmung mit denjenigen der anwesenden Herren. Man kam dabei im besonderen auf den Krater Linné zurück. Ich erinnere mich sehr wohl, wie die astronomische Welt elektrisiert wurde bei der Nachricht vom Verschwinden dieses Mondkraters. Beinahe jeder Astronom wurde dadurch auf das Studium des Mondes geführt, und monatelang waren die ersten Teleskope Europas auf unsern Trabanten gerichtet. Ich glaube nicht, daß irgend jemand von uns ahnte, daß noch ein zweiter Fall von Veränderungen würde entdeckt werden, wenigstens nicht in den nächsten Jahren, denn man konnte nur vernünftigerweise annehmen, daß derartige große Veränderungen höchstens nach bedeutenden Zwischenzeiten stattfänden. Die meisten von uns wußten zudem, daß es nur auf einem sehr kleinen Teile der Mondoberfläche überhaupt möglich sein würde, eine Veränderung zu erkennen, selbst wenn diese stattgefunden hätte. In diesem Augenblicke wurde mir ein Brief oder vielmehr ein kleines Kreuzband-Paketchen gebracht, das eine deutsche Postmarke trug. Als ich es öffnete, fand ich darin die Nummer eines Blattes, betitelt: „Wochenschrift für Astronomie“ und datiert vom 27. März 1878. Es war zum erstenmale, daß ich dieses deutsche Blatt sah, und rasch überflog ich die Nummer. Ich fand in derselben einen Artikel, überschrieben: „Bemerkenswerte Veränderungen auf der Mondoberfläche von Dr. Herm. J. Klein“ und datiert Köln, den 17. März 1878. In dem Glauben, daß dieser Artikel einen Bericht enthalte über die vermuteten Veränderungen am Krater Linné, am Doppelkrater Messier u. s. w., las ich denselben zunächst nicht durch, sondern verschob dies auf später, da einige unserer

Gesellschaft im Begriffe waren, aufzubrechen. Die Ankunft der bezeichneten Nummer ist uns nachher stets als ein merkwürdiges Zusammentreffen aufgefallen, denn sie enthielt die erste Ankündigung der Existenz des neuen Kraters Hyginus N, den Dr. Klein entdeckt hatte. Eben als ich die Räume der Gesellschaft verlassen wollte, brachte mir Herr Wesley einen an den Sekretär der Königlichen astronomischen Gesellschaft gerichteten Brief; er war von Dr. Klein und bezog sich auf geschäftliche Verhältnisse mit der Königlichen Gesellschaft. Ganz beiläufig erwähnte derselbe in diesem Briefe auch seiner Entdeckung eines neuen Objektes beim Hyginus und legte eine Skizze der Lage und Umgebung des neuen Kraters bei. In den meisten wissenschaftlichen Gesellschaften, in 99 Fällen unter 100, würde ein Brief wie dieser den gewöhnlichen Lauf genommen haben: der geschäftliche Teil würde beantwortet, der Rest vergessen, das Ganze sorgfältig weggelegt und niemals wiedergesehen worden sein. Eine Ausnahme war im gegenwärtigen Falle gemacht worden. Herr Ranyard, an welchen der Brief adressiert war, gab Ordre, mir ihn zu senden. Ich erhielt denselben, wie bemerkt, in dem Augenblicke, als ich die Bibliothek verlassen wollte, und da ich ihn öffnete, fiel mein Blick sofort auf die Zeichnung. Ich muß bekennen, ich fuhr zusammen, denn ich sah vor mir gezeichnet nördlich vom Hyginus einen großen schwarzen Krater in einer Gegend, von der ich mit aller Bestimmtheit wußte, daß sie keinen solchen Krater enthielt. Dieser Teil des Mondes war mir nämlich aufs genaueste bekannt geworden, und meine ersten Zeichnungen desselben datieren von vor 11 Jahren. Ich wußte, daß kein solcher Krater dort existiert haben konnte, ohne daß ich ihn bemerkt hätte, als ich jene Regionen untersuchte. Eine halbe Sekunde lang glaubte ich, es möge sich um einen andern Krater handeln, der nur irrtümlich in der vorliegenden Zeichnung an diese Stelle gesetzt worden sei; aber eine kurze Überlegung überzeugte mich, daß dort überhaupt kein Krater vorhanden sei, den man falsch einzeichnen könnte. Ein weiterer Blick auf die Zeichnung belehrte mich zudem, daß in ihr alle übrigen Gegenstände der Mondoberfläche hinreichend genau placiert seien. Jetzt erinnerte ich mich des Artikels in der „Wochenschrift für Astronomie" und zog die Nummer sofort vor. Ein Blick zeigte mir, daß er in der That einen Bericht enthielt über den außerordentlichen, neuen Krater, den die Zeichnung darstellte. In diesem Berichte teilte Dr. Klein mit, daß er am 19. Mai 1877 nördlich vom Hyginus einen großen schwarzen Krater gesehen habe ohne Wall, aber voll von Schatten, in einer Region, von der er sicher war, daß sie früher kein solches Objekt enthalten hatte. Der Artikel enthielt ferner die Bemerkung, daß am 18. Juni der neue Krater nur als ein großer, schwarzer Fleck sichtbar war, umgeben von einem dunstigen Rande, daß er dagegen am 19. verschwunden war. Von diesem Tage an bis zum 13. November konnte der Krater wegen ungünstiger Witterung

nicht gesehen werden. An jenem Tage erschien er als dunkler Fleck, aber am folgenden war er verschwunden, und am 13. Dezember konnte nur ein schwacher, kaum sichtbarer Fleck wahrgenommen werden. Schließlich, am 8. März 1878, war der Krater vollständig unsichtbar. Dieser Bericht über die Beobachtung war nicht sehr versprechend und brachte mich zunächst auf den Gedanken, daß Herr Dr. Klein sich möglicherweise bei seinen Beobachtungen am 19. Mai 1877 geirrt haben könnte. Ich wußte aus meiner eigenen Erfahrung, daß bis zum Jahre 1876 kein solcher Krater in jener Region vorhanden war, hatte sich daher Dr. Klein nicht geirrt, so mußte der Krater seitdem entstanden sein. Herr Sadler und ich machten uns jetzt sofort über alle Karten, Zeichnungen und Photographien jener Mondregion, die uns nur zugänglich waren. Wir untersuchten aufmerksam die Karten von Lohrmann und Mädler, hierauf die Photographien von Rutherfurd, de la Rue und Draper, die Melbourner Photographie und diejenige des Herrn Common. Hierauf wurden Schröters Zeichnungen geprüft und Gruithuisens Skizzen durchgesehen. Ferner untersuchten wir die Zeichnungen Gaudiberts und die Photographien der Zeichnungen, welche an dem Riesenteleskope des Lord Rosse erhalten worden waren; endlich verglichen wir mit Sorgfalt alle verschiedenen Mondzeichnungen, die überhaupt in der Bibliothek der Königlichen Gesellschaft zu finden waren, aber keine von allen enthielt auch nur eine Spur des Kraters. Ich war persönlich von diesem Ergebnisse nicht im mindesten überrascht, denn meine eigenen Beobachtungen hatten mich überzeugt, daß ein Objekt, wie es Dr. Klein zeichnete, mir nicht hätte entgehen können, wenn es vor dem Jahre 1876 vorhanden gewesen wäre; da ich indes bezüglich der Realität einer physischen Veränderung auf der Mondoberfläche, die wir wahrzunehmen im stande seien, sehr skeptisch war, so glaubte ich, daß wahrscheinlich von seiten des Herrn Dr. Klein irgend ein Irrtum bei dessen erster Beobachtung vorgefallen sei. Indessen beschlossen wir, daß es zunächst am besten sei, wenn Herr Sadler einen Bericht über den Gegenstand im „English Mechanic“ veröffentlichte, während ich selbst an 15 oder 20 Astronomen schreiben sollte, mit denen ich in Korrespondenz stand und die mehr oder weniger mit Mondbeobachtungen vertraut waren. Um dieselbe Zeit setzte ich mich selbst mit Dr. Klein in Verbindung. Es ist unnötig, die weiteren Schritte mitzuteilen, welche durch den Vorstand der Selenographischen Anstalt gethan wurden, um Beobachtungen über den vermutlichen neuen Krater Hyginus N zu veranlassen. Alle Mitglieder der Gesellschaft wurden in Bewegung gebracht, und durch die auswärtigen Sekretäre der Gesellschaft wurden die Astronomen in unseren Kolonien, sowie in Amerika avertiert. Unter gewöhnlichen Umständen würden drei Monate genügt haben, um die Sache endgiltig zu entscheiden. War das neue Objekt Hyginus N wirklich ein dunkler augenfälliger Krater von drei englischen Meilen im Durchmesser.

wie es Dr. Klein behauptete, so war für mich nicht der geringste Zweifel, daß er neu entstanden sein mußte, da ich ihn sonst sicher nicht übersehen hätte. Zudem schien es mir unglaublich, daß sowohl Mädler als Lohrmann den Krater sollten übersehen haben, da mir eine Vergleichung mit dem Monde gezeigt hatte, wie sorgfältig und vollständig ihre Karten grade in diesem Teile des Mondes sind. Wäre dagegen das Objekt kleiner gewesen oder hätte es in einer wilden, zerrissenen Region des Mondes gelegen, so würde ich nicht so sicher haben schließen können. Unglücklicherweise trat eine lange Periode schlechten Wetters ein: Lunation nach Lunation verging, ohne daß es möglich geworden wäre, den Mond beim ersten oder letzten Viertel zu beobachten. Die wenigen vereinzelten Beobachtungen, welche nach und nach einliefen, waren durchaus verwirrend. Keine einzige davon war an und für sich unvereinbar mit den Wahrnehmungen des Dr. Klein, wohl aber zeigten sie Widersprüche untereinander, ja, mehrere widersprachen allen unseren bisherigen Erfahrungen über Mondgegenstände. Zum Teil erklärt sich dies dadurch, daß die meisten Beobachter nicht hinlänglich vertraut mit den Verhältnissen auf dem Monde waren. Was mir am meisten auffiel, war die merkwürdige Verschiedenheit des Ortes, welcher für den neuen Krater angegeben wurde; nicht zwei Zeichnungen stimmten darin überein, selbst wenn sie von derselben Hand gemacht worden waren, und dies ging schließlich so weit, daß ich endlich eine Anzahl Zeichnungen erhielt, welche den neuen Krater so darstellten, als wenn er mit einer Geschwindigkeit von 10 Meilen in der Stunde durch den Mond marschiere! . . . . . . Am 19. August hatte ich wiederum die Gelegenheit, durch die Freundlichkeit des Herrn Campbell den Mond durch das 6½zöllige Alvan Clark-Fernrohr auf dem Arkley-Observatorium beobachten zu dürfen. Meine Rechnung hatte mir gezeigt, daß die Lichtgrenze zur Zeit des Mondaufganges fast den Hyginus erreicht haben und rasch voran schreiten würde, so daß, wenn der Mond nicht sofort nach seinem Aufgange beobachtet wurde, es nicht unwahrscheinlich war, daß der in Rede stehende Teil seiner Oberfläche schon in Nacht begraben wäre. Es war in der That ein wirkliches Wettrennen zwischen dem Aufgange des Mondes über dem östlichen Horizont und dem Herabsturz des Nachtschattens über die Umgebung des neuen Kraters. War die Luft klar und ruhig, so konnte der Mond ½ Stunde nach seinem Aufgange beobachtet werden, war sie unruhig und neblig, so konnte dies erst nach einer Stunde der Fall sein. Das war aber auch ungefähr der größte Zeitraum, der noch blieb, um vor Einfall der Schatten einen Blick auf die Umgebung von Hyginus N werfen zu können. Kurz vor 11 Uhr begaben wir uns, Herr Campbell und ich, auf das Observatorium. Ein heller Lichtschimmer am Horizonte zeigte den bevorstehenden Mondaufgang an. Endlich kam der Mond heraus, langsam, mit ruhigen nicht wallenden Umrissen, welche die wundervolle Ruhe der Luft bewiesen. Wir

öffneten die Klappen, und jetzt zum erstenmal bemerkte ich einige dünne Wolkenbanden, die am östlichen Horizont grade über dem Monde lagen. Als der Mond höher stieg, schienen die Wolken dicker und breiter zu werden. Als das Teleskop auf den Mond gerichtet worden, zeigte sich, daß er nun schon in eine der Wolken eingetreten sei, die dick genug war, um alle Schärfe des Sehens zu verhindern, indem sie das Licht der nahe an der Lichtgrenze liegenden Region abschnitt. Ich konnte nur dämmernd die große Hyginus-rille sehen und die breiten Schattenmassen der westlichen Hügel an dem sogenannten Schneckenberge. Mehr konnte ich nicht erkennen. Von Zeit zu Zeit war jedoch zu erkennen, wie die Lichtgrenze stufenweise dem Hyginus näher kam und gleichzeitig, was noch schlimmer war, die Schatten der Spitzen des Schneckenberges schnell an Länge zunahmen. Es war eine Art Wettlauf, was zunächst erfolgen werde, ob der Mond früher aus der Wolkenschicht hervortreten, oder ob die Schatten früher sich über die zu untersuchende Ebene ausdehnen würden. Minute um Minute verging; endlich erreichte der Mond den oberen Rand der Wolken und blickte klar dahinter hervor. Hastig sah ich durch das Teleskop, aber der breite Schatten des hohen westlichen Armes des Schneckenberges lag weit über der Fläche und verhüllte alles in Nacht. Bei aufmerksamem Schauen vermochte ich noch eben am Rande des Schattens innerhalb der Penumbra einen dunklen elliptischen Fleck zu sehen. Es mochte ein Krater oder ein dunkler Fleck sein, aber es war zu spät, um seine Gestalt und Natur mit Wahrheit zu unterscheiden. . . . . . Die nächste günstige Gelegenheit zur Beobachtung bot der 29. März. Der Tag war wenig versprechend, aber kurz vor 10 Uhr verzogen sich die dicken Wolken etwas, und ich war im stande, mein Teleskop auf den Mond zu richten. Hyginus selbst war nicht sichtbar, aber ein rascher Blick befähigte mich, die hauptsächlichsten Punkte von Wichtigkeit zu erkennen, wo aber war Hyginus N, das von Dr. Klein als großes, tiefes, kraterähnliches beschriebene Objekt? Kein solches war vorhanden. Ich war für den Augenblick überrascht, denn ich hatte durchaus erwartet, den Krater augenfällig zu sehen am äußeren westlichen Rande des Thales, welches den Schneckenberg umfaßt. Schärfere Untersuchung zeigte mir endlich einen dunklen, fast schwarzen, etwas elliptischen Fleck am inneren Abhange des Thales. Er lag indes grade in dem Halbschatten, welcher fast das Thal ausfüllte, und es war schwer zu erkennen, was seine wirkliche Natur sei. Der Halbschatten, welcher die genügende Beobachtung dieser Region verhinderte, konnte übrigens nur noch einige Stunden andauern. Wenn wirklich das Objekt von der Art war, wie es Dr. Klein beschrieben, so mußte es alsdann klar und bestimmt als ein deutlicher, tiefer, schwarzer Krater heraustreten. Da der Mond erst in drei Stunden unterging, so war vollständig Zeit genug vorhanden. Ich fuhr in der Beobachtung der Region fort und entwarf eine sorgfältige Zeichnung. Jede Minute kam das dunkle



Objekt, welches, wie ich nun nicht mehr zweifeln konnte, Hyginus N war, deutlicher hervor. Plötzlich aber trat eine große schwarze Masse in das Gesichtsfeld. Es war eine dichte Wolke, und indem ich nachsah, erkannte ich eine große Wolkenbank, hinter welcher der Mond für den ganzen Abend verschwand. Obgleich ich also einen guten Anblick des neuen Kraters Hyginus N nicht gehabt hatte, so war ich doch in der Lage gewesen, mich selbst zu überzeugen, daß in jenem Teile des Mondes ein dunkles, kraterähnliches Objekt vorhanden sei, daß ich früher nie gesehen hatte. . . . . Der nächste Abend, an welchem Hyginus N beobachtet werden konnte, war der 28. April, und wenn dieser Abend klar war, so mußte sich eine noch viel günstigere Gelegenheit, als bei der letzten Lunation, darbieten, denn der Krater mußte erscheinen in der freien Ebene, und falls er wirklich den Charakter besaß, den ihm Dr. Klein zuschrieb, so mußte er sich darstellen als tiefer, schwarzer, kraterähnlicher Fleck, nahe drei Meilen im Durchmesser und viel zu auffällig, um übersehen zu werden. Der Tag zeigte sich anfangs schlecht genug, und als ich gegen 6 Uhr den Himmel musterte, fand ich denselben äußerst wenig versprechend. Gegen Abend wurde das Wetter noch schlechter, und ich gab alle Hoffnung auf, den Mond in dieser Nacht zu sehen. Gegen 9½ Uhr sah ich zu meinem Erstaunen den Mond hell zurückstrahlen von den Fenstern der Häuser. Später hörte ich, daß die Wolken kaum 10 Minuten früher sich verzogen hatten. Angelangt auf meinem temporären Observatorium, fand ich, daß mir nur höchstens ½ Stunde zur Beobachtung blieb. Ich brachte mein Auge an das Fernrohr, ein Ruck in Rektascension und ein Druck in Deklination brachte Hyginus central in das Gesichtsfeld des Teleskops. In offener Ebene, unmittelbar nördlich vom Hyginus, da lag nun ein großes, schwarzes, kraterähnliches Objekt, fast so groß wie Hyginus selbst und viel zu auffällig, um übersehen werden zu können. Er stand grade mitten in einer Region, in welcher ich sicher war, daß kein solches Objekt bei meinen zahlreichen früheren Beobachtungen sichtbar war. Hier konnte kein Mißverständnis obwalten; das Objekt war so augenfällig, daß es völlig unmöglich ist, dasselbe zu übersehen, während man die kleineren Gegenstände in seiner Nachbarschaft wahrnimmt. Es stimmte völlig überein mit der Beschreibung von Dr. Klein, indem es ganz das Aussehen einer schwarzen Kratergrube hatte, umgeben von einem nebligen Rande, und einem Typus angehörte, mit dem ich völlig bekannt bin aus meiner Beobachtung einer ähnlichen Formation im südwestlichen Quadranten des Mondes. Ich entwarf eine Skizze vom Aussehen dieser Region, aber ich hatte keine Zeit, meine Zeichnung zu vollenden, denn der Mond sank aus meinem Gesichtskreise. . . . So kann also nun kein Zweifel sein in dieser Sache. In der freien Ebene, nördlich von Hyginus, existiert heute ein großes, schwarzes, augenfälliges Objekt, welches nicht könnte übersehen worden sein und dennoch nicht gesehen

worden ist von irgend einem der Astronomen, die den Mond vor dem Jahre 1877 beobachtet haben."

Die mitgeteilte Entdeckungsgeschichte ist lehrreich auch dafür, wie schwer das astronomische Handwerk ist. Der einzelne Beobachter ist ein Spielball der Witterung, sein Erfolg hängt an tausend Zufällen. Wenn in der Folge die Veränderungen der Mondoberfläche in einer größeren, beweisenderen Zahl von Fällen nachgewiesen werden sollten — wie zu hoffen steht —, so wird man das nur einer Hingabe ohnegleichen an minutiöseste Objekte verdanken. Dazu ist vor allem auch nötig, daß eine Entlastung des eigentlichen, das Universelle der astronomischen Wissenschaft vertretenden Fachmannes durch freiwillige Spezialisten mehr und mehr erfolge. Es ist eine schöne Aussicht, und man wird sich ihr gern hingeben, daß bei größerer wirtschaftlicher Befreiung und ebenso sehr verallgemeinerter wie vertiefter Bildung zahlreiche Köpfe, die jetzt ihre Vergnügungen in sehr viel niedrigeren Sphären suchen, eine unerschöpfliche Genußquelle dermaleinst in solcher Detailhilfe zu einer erhabenen Wissenschaft finden werden. Die Erde wird dann mit einem Netz von Beobachtern übersponnen sein, die den ästhetischen Reiz einer Mondnacht sich zu verklären und immer neu zu steigern wissen durch wissenschaftliches Studium. Und ganz gewiß werden rührige Anteilnahme zahlloser Kräfte, Ausnutzung eines besseren, wolkenloseren Himmels und zeitlich lange fortgesetzte Kontrolle unendlich mehr leisten als alle noch so scharfsinnige Spekulation eines einzelnen von heute.

Der Zusammenhang der zweiten oben (S. 546) aufgeworfenen Frage mit der ersten ist evident. Wenn der Mond eine unserer irdischen vergleichbare Luft- und Wasserhülle besäße, so würde der Spielraum der wahrscheinlichen Veränderungen ein außerordentlich viel größerer sein. Wohl milderte die Atmosphäre als schützender, Temperatur ausgleichender Mantel die grellen Kontraste der vierzehntägigen Sonnenglut und Weltraumkälte. Aber jede auch geringe Eisbildung sprengte dafür das Gestein um so energischer, das Wasser zernagte die Oberfläche unausgesetzt, Wolkenbildung verhüllte bald und entblößte wieder die Objekte in scheinbar gesetzlosem Wechsel, und Aufblühen oder Verdorren organischer Gewächse brächte mannigfaltige Farbenunterschiede hervor.

Als unbestreitbares Faktum besteht hier nun seit langem der Satz, daß eine Atmosphäre von einer auch nur annähernden Dichtigkeit wie unsere irdische auf dem Monde nicht vorhanden ist.

Als Beweis wird das Verhalten der Fixsterne bei ihrer Bedeckung durch den Mond benutzt. Der Mond erzeugt auf seinem Laufe beständig gewissermaßen „Sternfinsternisse", d. h. er verhüllt durch seine Scheibe zeitweilig uns den Anblick dieses oder jenes hinter seinem Wege stehenden Fixsternes. Geht dabei der Mittelpunkt des Mondes genau vor dem Stern vorüber, so spricht man von einer centralen Bedeckung des Sternes. In

dem Falle bleibt der Stern, wie erklärlich, so lange unsichtbar, bis der Mond ein Bogenstück seiner Bahn beschrieben hat, das der Größe des Monddurchmessers entspricht, — vorausgesetzt, daß der Mondrand als scharfe Scheibe abschneidet und nicht überragt ist von einer Lufthülle, die Verschiebungen erzeugt. Eine solche Lufthülle müßte allerdings, da sie jeden durchgehenden Lichtstrahl nach physikalischem Gesetz schief ablenkt, den leuchtenden Stern für unser Auge gleichsam an eine verkehrte Stelle bringen. Schon in Wahrheit vom Monde bedeckt, müßte er uns noch sichtbar sein, und er erschiene umgekehrt bereits wieder vor Schluß der wirklichen Bedeckung vor uns. Mit einem Wort: eine über den Rand vorragende Atmosphäre verkürzte die Sternfinsternis in einer ganz bestimmten Weise, und es ließe sich bei genauer Kenntnis des eigentlichen Monddurchmessers durch Subtraktion eventuell genau die Stärke dieser Atmosphäre errechnen. Bessel kam auf Grund dieses Gedankenganges und genauer Beobachtung zu dem Resultate, daß eine der irdischen an Dichte vergleichbare Atmosphäre unbedingt nicht vorhanden sei, ja daß ein Anhaltspunkt für irgend eine Atmosphäre des Mondes, die mehr als ein Neunhundertachtundsechzigstel der Oberflächendichtigkeit unserer irdischen Luft besitze, überhaupt nicht gegeben sei. Dieses Resultat hat man lange Zeit etwas leichtsinnig als Dogma verkündet und in vielen Darstellungen bis zur absoluten Atmosphärenlosigkeit des Mondes verallgemeinert. Neuere Untersuchungen haben mit Recht Gewicht darauf gelegt, daß die Genauigkeit des Bessel'schen Wertes in der engeren Zahl deshalb notwendig problematisch bleibe, weil wir die exakte Ziffer für den Durchmesser der eigentlichen verdunkelnden Mondscheibe, von der subtrahiert werden soll, noch nicht so über jeden Zweifel erhaben genau besitzen, also Irrtümer wahrscheinlich werden. Sehr dünn ist die Mondatmosphäre jedenfalls. Aber sie kann immerhin deshalb noch wesentlich dichter sein, als Bessel festsetzte, und ihre Existenz überhaupt zu leugnen ist eine Übertreibung, der selbst Bessels Resultat keinerlei Boden gab. Neison denkt an etwa ein Dreihundertstel unserer irdischen Luftdichtigkeit an der Oberfläche des Erdballs. Eine so beschaffene Mondatmosphäre würde immerhin noch ein sehr bemerkenswerter Faktor sein, aber die Differenz gegen unsere Erdverhältnisse ist doch enorm. Man hat sich denn auch weidlich den Kopf darüber zerbrochen, warum der Mond so viel schlechter weggekommen sei. Vergessen darf man dabei nicht, daß die Masse des Mondes an sich eine so sehr viel geringere ist als die der Erde. Denkt man sich die beiderseitigen Atmosphären im gleichen Verhältnis zu einander wie die Massen von Mond und Erde, so würde, in Anbetracht der relativ zur Masse so viel größeren Oberfläche des Mondes und der weit geringeren Schwere an dieser Oberfläche, die Oberflächendichtigkeit der Mondatmosphäre schon rein theoretisch nur ein Fünfzigstel von der der Erdatmosphäre betragen dürfen. Aber selbst dann

bleibt immer noch mehr als die Zahl 200 als Differenz, und das soll erklärt werden. Man hat darauf hingewiesen, daß ein großer Teil der Mondluft im Laufe der Zeiten von der harten Oberfläche aufgesaugt und fest gemacht sein könne. Es ist dazu als Illustration nötig, daß man sich erinnert, wie auf der Erde Atmosphärenbestandteile gleichsam festgelegt werden. In unseren Kohlenlagern stecken enorme Massen Kohlenstoff, die der Luft längst verschollener Urzeit einmal entzogen worden sind. Denkt man sich das durch besondere Umstände begünstigt, z. B. eine relativ (d. h. im Verhältnis zur Masse) größere Oberfläche, wie es beim Monde thatsächlich der Fall ist, so könnte die Luft — und ebenso das Wasser der Flußläufe und Meere — mit der Zeit auf ein Minimum reduziert worden sein. Nur ist das Unglück, daß man leicht grade hier in eine falsche Analogie hineingerät. Die ältere Geologie nahm an, daß die Erde in jenen Zeiten, da die kohlenbildenden Pflanzen Kohlenstoff absorbierten, eine viel dichtere Atmosphäre besessen habe als heute. Jene Pflanzen sollten wirklich luftverdünnend gewirkt haben. Heute beginnt man damit als geologischem Mythus aufzuräumen. Man glaubt, daß die atmosphärischen Verhältnisse der Erde trotz allen lokalen Wechsels im ganzen seit Auftreten der Organismen wesentlich gleich geblieben sind. Was die Kohlenpflanzen entzogen, stieg aus Gasquellen der Erde neu empor. Der Vorgang wird uns, als irdisch sehr bedeutungsreich, gleich noch näher beschäftigen. Jedenfalls schneidet er in dieser Korrektur für den Mond grade das Entscheidende, die Analogie, ab. Gern hat man sich von anderer Seite in die Hypothese eingelebt, daß die Kargheit der Mondatmosphäre zusammenhänge mit eigentümlichen Verhältnissen des Schwerpunktes im Monde, auf die von Hansen zuerst die Aufmerksamkeit gelenkt wurde. Nach Hansens Rechnung fällt der Schwerpunkt des Mondes nicht mit dem mathematischen Mittelpunkt zusammen, sondern etwa 33 Meilen jenseits des letzteren in die von der Erde abgekehrte Mondhälfte. Das sollte bewirkt haben, daß die Lufthülle von der blasenartig gegen uns aufgeschwollenen Mondseite gleichsam herabgeglitten sei und sich der Schwere entsprechend über der ewig abgekehrten Seite angehäuft habe; was wir sehen von der Mondoberfläche, wäre im Grunde bloß ein über die Atmosphäre gebirgsartig vorragendes Hochplateau. Es wirkt etwas lähmend auch auf den Schwung dieser jedenfalls geistvollen Hypothese, daß die kleinen Streifen, die durch die oben (S. 512) erwähnte sogenannte Schwankung (Libration) des Mondes uns von der abgewandten Seite doch noch sichtbar gemacht werden, nichts irgendwie der Idee Entgegenkommendes in der Bodenformation zeigen. Ebenso fehlt es am Mondrande durchaus an Wasserdampf, der von da drüben her, wenn man sich dort dichte Luft und Meere hinzaubert, sicherlich heraufsteigen müßte. So schillern auch hier wieder die Erklärungen wie Seifenblasen über dem dunkeln Erscheinungsgrund, anziehend wie solche, — aber auch ebenso vergänglich.

Viel mehr reales Interesse besitzt daneben der neuerdings mit Erfolg versuchte Nachweis, daß als **lokale** Erscheinung direkter **Nebel** — also ein für Wasser und Luft sprechendes Phänomen — an einzelnen Orten der uns sichtbaren Mondseite selbst gelegentlich sich merkbar macht. „Bisweilen," sagt **Neison**, „erscheint von zwei benachbarten Objekten in ähnlicher Lage und von gleicher Helligkeit und Gestalt das eine schwach und dunkel und von einer bläulichen Farbe umgeben, während das andere scharf, klar und farblos ist. Schröter und Schmidt haben auch einen grauen Rand um den schwarzen Schatten einiger der tieferen Krater gesehen, den letzterer dadurch erklärt, daß derselbe von einer sehr zerklüfteten Wand geworfen wird. Diese Erklärung kann indes nicht für genügend gelten, da man sieht, daß es immer der innere und nicht der äußere Schatten ist, während man ihn unter sehr variierenden Beleuchtungsbedingungen wahrnimmt. In keinem Falle sind diese vorausgesetzten Unregelmäßigkeiten wahrgenommen worden, obwohl sie zur Hervorrufung eines solchen Effekts sehr bedeutend sein müßten. Bei verschiedenen Gelegenheiten hat man bei Sonnenaufgang in den tieferen Teilen der Mondoberfläche eine nebelige Erscheinung wahrgenommen, die von totalem Verschwinden der gewöhnlich an der Oberfläche sichtbaren Details begleitet wird. Das Phänomen verschwand allmählich mit dem Steigen der Sonne, indem das Innere sein gewöhnliches Aussehen wieder annimmt. Bei anderen Gelegenheiten wurde ein breiter halbschattiger Schein entdeckt, der den wirklichen Schatten begrenzte und ebenfalls nach Sonnenaufgang verschwand, oder das Innere erschien einen beträchtlichen Zeitraum nach Sonnenaufgang nebelig und undeutlich, während alles ringsum scharf markiert und deutlich war. Diese sämtlichen Beobachtungen sind in jedem Falle von bedeutender Feinheit und in keiner Weise von entscheidender Natur, indem sie nur in mächtigen Instrumenten gelingen können und dann allein, wenn die Region eine durchaus bekannte ist, wobei der Einfluß dieser letzteren Bedingung sehr ins Gewicht fällt. Infolge ihrer äußerst geringen Dichtheit müssen alle auf die Wirkung der Mondatmosphäre zurückzuführenden Erscheinungen zu den feinsten und flüchtigsten gehören, welche die Mondoberfläche zeigt, selbst bei Voraussetzung einer bedeutend größeren Dichtigkeit der Mondluft als derjenigen, die wir nach unsern heutigen Kenntnissen annehmen müssen. Es muß daher von vornherein erwartet werden, daß sie nur unter ausnahmsweise günstigen Verhältnissen zum Studium der Details der Mondoberfläche nachweisbar sind. Nur wenn nach sorgfältigen und fortgesetzten Beobachtungen die Details irgend einer bestimmten Region der Mondoberfläche genau bekannt sind, bietet sich Aussicht, die erwähnten feinen Erscheinungen zu bemerken und ihren anormalen Charakter zu erkennen. In einer weniger genau bekannten Region würden sie sicher der Wahrnehmung entgehen, und das entspricht durchaus der von den Selenographen erkannten Thatsache.

daß erst nach genauer Vertrautheit mit den markierteren Teilen einer Mondlandschaft die schwachen Verschiedenheiten der Lichtabstufungen, welche die kleineren Unregelmäßigkeiten andeuten, entdeckt worden sind. Erwägt man, wie wenige Regionen der Mondoberfläche bisher mit hinreichender Sorgfalt studiert wurden, um in der angegebenen Weise einen direkten Beweis des Vorhandenseins der Mondatmosphäre zu ermöglichen, so erscheinen die geringen Ergebnisse in dieser Beziehung nicht erstaunlich."

Vom Moment an, wo man auf Grund solcher Thatsachen und Möglichkeiten die Existenz einer wenn auch dünnen Lufthülle und von wenigstens im Innern noch wasserhaltigem, gelegentlich Dampf aushauchendem Boden zugiebt, verliert jene kühnste Hypothese, die gewisse grüne Mare-Flächen als Teppich gesellig lebender Pflanzen auffassen möchte, viel an ihrer Seltsamkeit. Es bleibt natürlich trotzdem gewagt genug, allein auf eine Farbe so großes aufzubauen. Vielleicht würde den Reisenden, der frischen Laubwald oder den welligen Grasozean der Steppe erwartete, statt dessen eine kaltgrüne Krystallwelt anstarren und im blauen Dunst der Kratertiefe ihm ein erstickender Gifthauch wie aus der berüchtigten, Kohlensäure ausatmenden Hundsgrotte entgegenschlagen. . . . . .

Alles in allem genommen, ist es die Wanderung durch eine höchst rätselvolle Welt, die wir hier beschließen. Es ist nicht nur möglich, sondern, wie wir gesehen haben, sogar sehr wahrscheinlich, daß wir irdische Analogien nur mit sehr trügerischem Recht in sie hineinspiegeln.

Die „Krater" der Mondwelt sind vielleicht ganz und gar von dem, was wir darunter verstehen, verschieden. An den Rillen, den Lichtstreifen, den sich füllenden und leerenden Höhlen, den Farbenkontrasten, den Nebelgebilden mühen wir uns mit weit weniger Aussicht auf Erfolg im Raten, als sie uns etwa die chemische Struktur fernster Nebelflecke gewährt.

Das sollte uns vorsichtig machen beim Einfügen des Mondes in eine allgemeine typische Entwickelungsreihe. Gewiß ist er das nahe liegende Beispiel, — das einzig uns gegebene — für eine sehr viel weiter vorgeschrittene Bildungsphase. Aber die Erde wird schwerlich irgend eine Ähnlichkeit mit ihm besitzen, wenn sie einmal relativ in dasselbe Alter tritt. Verweilen wir, da wir doch mit vorläufiger Überspringung der engeren irdischen Vorgeschichte einmal in die Stadien „jenseits" geraten sind, einen Moment dabei, was mutmaßlich aus der Erde in fernen Tagen werden wird. Es giebt uns das zugleich Gelegenheit, noch vor Schluß einen Streifblick auf einen kleinen Kreis seltsamer Gäste des Planetensystems, die Meteoritenschwärme und die Kometen, zu werfen.

Wir haben ein Gebiet von Erscheinungen, die wohl die Erde in Zukunft betreffen könnten, oben bereits bei Gelegenheit des Planeten Mars

besprochen. Es handelte sich dort nicht um Dinge, die unser organisches Leben direkt bedrohen können. Die Erde in den Zustand des Mondes bringen hieße dagegen jedenfalls schon eine sehr bedenkliche Einschränkung unserer eigenen Existenzbedingungen schaffen. Ein Schritt weiter — und mit dem endgiltigen Verschwinden von Wasser und Luft hätte die Todesstunde aller organischen Naturentfaltung geschlagen. Auf die Hypothese gestützt, daß auf allen Weltkörpern die feuchte und flüssige Umhüllung im Laufe der Jahrmillionen von der festen Masse absorbiert werde wie die Kohlensäure in der Kohle und im Kalk, hat man es ziemlich voreilig als sichere Thatsache hingestellt, daß das Eintreten jenes „Mond-Stadiums" für die Erde nur eine Frage der Zeit sei. Wie schon einmal oben angedeutet, leidet die Beweisführung aber an starken Rechnungsfehlern. Einerseits allerdings findet unausgesetzt Absorption von Wasser und auch von einigen Luftbestandteilen auf der Erde statt. Das festeste Gestein zeigt sich „durchfeuchtet" oder weist chemisch gebundenes Wasser. Und in Anbetracht der Größe des Erdballs würde man, wenn das einmal bis ins Centrum so fortgehen soll, ohne Mühe alle Meere der Erde in der enormen Gesteinsmasse bequem unterbringen können. An dem Kohlensäuregehalt der Luft „fressen" beständig zahlreiche Mineralien, er wird in kalkigen Tiergehäusen wie in den Torf- und Kohleresten der Wälder eingesargt. Jedes rostende Stück Eisen macht Sauerstoff „fest". Eine vollkommene Absorption der Luft ist allerdings ein Stück der Unmöglichkeit, da der Stickstoff nirgendwo sichtbar versteinert. Stickstoff aber macht vier Fünftel unseres Luftgemischs aus, und es ist das schon ein gutes Argument auf alle Fälle gegen jenes angebliche Totalverschwinden der Luft auf dem Monde. Wo soll ihr Stickstoff geblieben sein? Für das organische Leben wäre allerdings mit dem Abscheiden von Wasser, Kohlensäure und Sauerstoff auch so das entscheidende Todesurteil da. Aber grade hier legt bei näherer Betrachtung die moderne Geologie ihr Veto ein. Über eine historische Abnahme der prozentischen Zusammensetzung der Luft vor allem wissen wir positiv gar nichts. Wohl aber sehen wir eine unablässige Regulierungsthätigkeit in Kraft, die den augenblicklichen Verbrauch bei der Absorption durch erneutes Ausströmen der betreffenden Gase aus der Oberfläche im Schach hält. Alles weist auf eine geheimnisvolle chemische Selbstregulierung, vor der ein Einzelvorgang die Stabilität des Ganzen nicht ernstlich stören kann. Man verzeichnet vom gegnerischen Standpunkt, daß die in der Steinkohle mumifizierten Gewächse der Atmosphäre eine enorme Masse Kohlensäure entzogen haben, ohne Ersatz zu liefern. Man vergißt dabei, daß die gegenwärtige Menschheit im Begriff steht, das ganze tote Kapital wieder in Fluß zu bringen, und zwar ohne daß große Störungen entstehen. Im Jahre 1888 allein haben die Kulturstaaten 458 Millionen Tonnen Kohlen verbraucht! Wie sich aber heute dieser Zuwachs einreguliert, so



Die Erde vom M

Als Standpunkt des Beschauers ist eine Gegend in der Nähe der großen Wall

(Nach einem Entwurf von M. W. Meyer und B



londe aus gesehen.

ebene Plato (rechts) und der sogenannten Alpen (links) auf dem Monde gedacht.
rgbart in der „Leipziger Illustrierten Zeitung".)

mag es damals mit der Abnahme gewesen sein. Welch mächtige Selbstquelle der Luft- und Wassererneuerung die Erde aber überhaupt sei, dafür sind die Belege von Melchior Neumayr überzeugend zusammengestellt worden. Bei allen jenen Vermutungen über endliche Totalabsorption, sagt er, „ist eine Thatsache von entscheidender Bedeutung vollständig außer Rechnung geblieben, die schon oben erwähnte, unter Umständen sehr bedeutende Absorption der Gase durch Flüssigkeiten und speziell durch heiße geschmolzene Massen. Versuche mit Silber, welches unter einer Decke von Salpeter geschmolzen und bei der Abkühlung unter die Luftpumpe gebracht worden war, ergaben eine äußerst heftige Entwickelung von Sauerstoff und zwar so reichlich, daß die ausgeschiedene Menge des Gases das Volumen des Silbers, in welchem sie absorbiert gewesen war, 22 mal übertraf; 1 Liter geschmolzenes Silber kann also 22 Liter Sauerstoff in sich aufnehmen. Ähnliche Beobachtungen wie in unsern Laboratorien können wir aber auch in der Natur machen: wenn ein Lavastrom aus einem Vulkane hervortritt, so schiebt er sich in der Regel als zähe glühende Masse an den Gehängen des Berges in die Tiefe; seine Oberfläche erstarrt, aber unter dieser fest gewordenen Kruste schiebt sich die im Innern noch flüssige Lava immer weiter nach abwärts. In der erhärteten äußeren Decke entstehen Risse und Sprünge, und solchen entströmen massenhaft und oft in stürmischer Weise Gase, vorwiegend Wasserdampf und Kohlensäure, welche in der Lava absorbiert gewesen waren; diese schleudern feste Teile mit in die Höhe, und durch Anhäufung der letzteren um jene „Fumarolen“ entstehen auf der Oberfläche der Lavaströme neue, kleine Krater. Dasselbe Absorptionsvermögen, welches in der Natur die Laven besitzen, kommt offenbar nicht allein diesen Produkten der Vulkane zu, sondern muß allen geschmolzenen Gesteinsmassen eigen gewesen sein; wir wissen aber, daß ursprünglich unser ganzer Erdball in feurig-flüssigem Zustande sich befand, und alles spricht dafür, daß seine ganze Masse von absorbierten Gasen durchdrungen war, die dann in dem Maße frei wurden, wie die Gesteine erstarrten. Betrachten wir die ungeheure Masse der festen Felsgesteine, die alle diesen Prozeß durchgemacht und Gase abgegeben haben, und vergleichen wir damit die vorhandene Menge an Luft und Wasser, welche verhältnismäßig keine große genannt werden kann, so läßt sich ein ziemlicher Grad von Wahrscheinlichkeit der Auffassung nicht absprechen, daß das Wasser des Meeres und die Gase der Atmosphäre ursprünglich ganz oder zum größten Teile von den geschmolzenen Massen absorbiert waren und erst allmählich bei der Erkaltung dieser durch eruptive Vorgänge an die Oberfläche gelangten und den Ozean und die Lufthülle unseres Planeten bildeten. Wie dem aber auch sei, mag in jenen Urzeiten Wasser und Atmosphäre wirklich ganz oder nur teilweise von der glühenden Masse absorbiert gewesen sein, jedenfalls kann so viel als sicher angenommen werden, daß sehr bedeutende

Massen von Wasserdampf, von Kohlensäure, Sauerstoff u. s. w. gebunden waren und allmählich frei wurden. Derselbe Prozeß dauert in ähnlicher Weise noch heute fort: es ist bekannt, daß in allen vulkanischen Distrikten ungeheure Mengen von Wasserdampf, Kohlensäure und anderen Gasen frei werden; in kolossalen Massen werden sie von den Kratern ausgestoßen, sie entwickeln sich aus Lavaströmen und erhalten sich noch lange, nachdem alle anderen Zeichen eruptiver Thätigkeit verschwunden sind. Auch außerhalb der vulkanischen Distrikte treten an zahllosen Punkten heiße und kalte Quellen auf, die namentlich Kohlensäure in großer Quantität enthalten. Als Beispiel für diese beträchtlichen Mengen wollen wir nur erwähnen, daß die aus einem Bohrloche bei Neu-Salzwerk strömende Quelle jährlich etwa 140 000 kg Kohlensäure liefert. Eine Schätzung der Quantität, welche auf diesem Wege jährlich der Erdoberfläche in ihrer ganzen Ausdehnung zugeführt wird, ist durchaus unmöglich; ebensowenig können wir aber auch nur entfernt berechnen oder taxieren, wieviel Wasser, Kohlensäure und Sauerstoff in der oben angegebenen Weise als „Bergfeuchtigkeit“ durch Bildung wasserhaltiger Mineralien, durch Entstehung kohlensaurer Verbindungen, Oxydierung von Eisenoxydul, endlich durch die Lebensvorgänge der Organismen dem Meere und der Atmosphäre verloren gehen. Wir sind daher ganz außer stande, zu entscheiden, ob das freie Wasser an der Oberfläche der Erde sich vermehrt oder vermindert, und ob die Atmosphäre an Sauerstoff und Kohlensäure zunimmt oder abnimmt; ebensowenig wissen wir dies für die ganze Zeit, seit welcher Organismen auf der Erde existieren, noch haben wir hinreichende Anhaltspunkte für eine Beurteilung, wie lange die Vorräte von Wasser und Gasen im Erdinnern noch vorhalten werden. Ja, es ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß die noch jetzt absorbierten Quantitäten bedeutend genug seien, um jeden möglichen Verlust zu decken. Sicher ist nur so viel, daß die in der Atmosphäre enthaltene Kohlensäuremenge in wenigen Jahrtausenden verbraucht wäre, wenn dieser Stoff nicht fortwährend aus dem Innern der Erde sich erneuern würde; Vulkane, Mofetten und Quellen, welche Kohlensäure ausströmen, sind darum die Erhalter des organischen Lebens auf der Erde. Wenn demnach oft behauptet wird, daß das Leben auf der Erde durch das Verschwinden von Wasser, Kohlensäure und Sauerstoff in fernen Zeiten einst untergehen müsse, so ist das immer nur die Annahme eines bloß *möglichen* Falles.“

Eine ganz andere und jedenfalls die entscheidendste Umwandlung steht der Erde bevor durch die *allgemeinen Erkaltungsprozesse unseres gesamten Sonnensystems*. Wir haben gesehen, wieviel dafür spricht, daß unsere Sonne an der Grenze zum rotglühenden Fixsternstadium steht. Ihre Flecken deuten möglicherweise eine nahende starke Lichtabschwächung an. Jenseits der Rotglut aber steht als Abschluß der leuchtenden Sternphasen die *vollkommene Verdunkelung*, bei der eine feste Rinde das

Selbstleuchten fortan unmöglich macht. Und dieses Erlöschen der Sonne würde nun für die Erde das Anbrechen einer universalen Eiszeit bedeuten, vor der das organische Leben unbedingt Bankerott macht, — es sei denn, daß die intelligente Menschheit bis dahin Licht- und Wärmequellen sich erschlossen, von denen wir bisher keine Ahnung haben können. Aber nicht nur das Tier- und Pflanzenleben verödete alsdann in der furchtbaren Weltraumkälte, die unerbittlich sich herniedersenkte über den sonnenverlassenen Ball. Der feste Erdkörper selbst würde, von der Kälte bis ins Mark durchnagt, höchstwahrscheinlich sich zerspalten und schließlich in eine Trümmerwolke auflösen. Man hat bald in den Rillen des Mondes, bald sogar in den Kanälen des Mars Spuren eines solchen von außen nach innen vorschreitenden Zerklüftungsprozesses sehen wollen: bei Mars gewiß mit geringstem, beim Monde immerhin mit problematischem Recht. Aber für fernste Zeit, da die Planeten, aller Eigenwärme bar, auch noch die Sonne einbüßen sollen, kann kaum an Vorgängen dieser Art gezweifelt werden. Offen bleibt nur, ob diese Erkaltung rascher oder langsamer geht als ein anderer Prozeß, der noch radikaler eine Vernichtung des „Individuums" Erde erwarten läßt. Ich meine den langsamen Zusammensturz des ganzen Planetensystems. So kunstvoll das System mit all seinen Selbstregulierungen heute dasteht: man kann sich doch dem Gedanken nicht verschließen, daß es eine Fehlerquelle ziemlich sicher enthält, die ihm dermaleinst wahrscheinlich den Hals kostet. Der Weltraum, in dem die Planeten ihre Bahnen abrollen, ist nicht vollkommen leer. Wir wollen davon absehen, inwiefern etwa der hypothetische „Äther" selbst, den die Physik als Träger der Lichtbewegung braucht, als etwas Raumfüllendes, in dem die Planeten schwimmen, angenommen werden darf. Jedenfalls ist es mehr als eine vage Hypothese, daß meteorische Staub- und Steinwolken ihn erfüllen. In der Sternschnuppe, die bei der Reibung an unserer Atmosphäre verpufft, im grob herabkollernden Meteorstein, im unmerkbar niedersinkenden feinen meteorischen Staub, in den spektroskopisch erschlossenen Außenteilen der Sonnenkorona, — überall stoßen wir auf Spuren davon. Im Verhältnis zur Masse der Planeten sind diese Teilchen enorm dünn. Aber einen gewissen Widerstand leisten sie doch. Auf Äonen verteilt, summiert er sich zweifellos zu einer beträchtlichen Ziffer. Man hat als Bild gern herangezogen eine Kanonenkugel, die durch einen Mückenschwarm fliegt. Der Widerstand, den sie erleidet, erscheint völlig null. Aber durch Millionen von Jahren und mehr summiert, wird er den Lauf der Kugel gleichwohl einmal verlangsamen und sie zuletzt zum Stillstand bringen. Beim Planeten aber heißt „Verlangsamung": Herabsetzung seiner Umlaufsgeschwindigkeit. Mit jeder Herabsetzung dieser Geschwindigkeit, mit jeder Verlängerung der Zeit, die der Planet zu einem Umlauf um die Sonne braucht, ändert sich aber, nach dem Verhältnis des

dritten Kepler'schen Gesetzes, sein Abstand von der Sonne: dieser Abstand wird geringer. Die Anziehungskraft der Sonne wird stärker, je lahmer die Schwungkraft wird, sie reißt den Planeten näher an den Centralkoloß heran. Das immer weiter ausgedehnt, verwandelt schließlich die elliptische Planetenbahn in eine Spirale, und eines Tages stößt der Planet mit der Sonne zusammen. Der erste, der an die Reihe kommt, würde Merkur sein, die andern folgten dann in großen Intervallen, aber unabänderlich, — darunter auch die Erde, die wahrscheinlich früher schon ihren Mond auf den Kopf bekommen hätte. Man hat sich ausgemalt, wie diese Zusammenstöße immer noch energisch genug sein könnten, um gewaltige, Wärme erzeugende Katastrophen hervorzubringen. Die Sonne, schon einmal dunkel geworden, könnte durch den jedesmaligen Planetensturz noch einmal auf längere Zeit in Weißglut kommen, und jeder vorher verschlungene Planet könnte so noch einmal der Lichtretter für die übrigen werden. Es sind große und — wenn man ihnen das Unbestimmte, Nebelhafte läßt — auch wirklich wertvolle Bilder, die sich hier aufthun. Für unsere Betrachtung mag es aber genügen, sie kurz gestreift zu haben. Der Punkt, auf den sie uns eigentlich führen sollten, ist ein ganz realer.

Wenn uns grade diese Zukunftsbilder auf zu losen Trümmerwolken zerfallene Planeten, auf einstürzende Welten und auf die Ausfüllung des Weltraums durch kleine, zerstreute Stoffteilchen führen, so ist es naheliegend, gewisse gegenwärtige Phänomene unseres Planetensystems in dieser Beleuchtung zu besprechen. Eher jedenfalls als auf andere Orte in der Skala der Entwickelung deuten sie auf jene Stadien jenseits noch des Mondes, — als Ursache teils, aber vielleicht auch als Produkt.

Ich meine das Phänomen der Meteoriten und das, wie es scheint, nahverwandte der Kometen.

Geschichtlich — in dem Sinne, der in der Entwickelungsgeschichte der Natur zugleich eine Geistesgeschichte der Menschheit sieht — sind es trübe Wege, die uns zunächst auftauchen. Hier der Dünkel einer zum sinnlosen Dogma schwörenden Autoritätswissenschaft, der den Fortschritt zu hemmen suchte. Dort die abergläubische Angst einer Volksmenge, die zu unterrichten die Wissenschaft „keine Zeit gefunden“ bis auf den heutigen Tag, — ein trauriges Menetekel auch das für eine gewisse Sorte von „Wissenschaft“!

In den Zeiten, da Livius sein römisches Geschichtswerk schrieb, und wenig später Plinius seine Naturgeschichte zusammenstellte, ging es, den Angaben dieser Gewährsmänner und ihrer Quellen zufolge, am Himmel lustig zu. Neben den gemeinen Regen- und Hagelschauern, die unsere atmosphärische Hülle herabsandte, fallen in den Chroniken dieser alten Herren

die wunderlichsten Dinge gelegentlich aus den Wolken. Bald regnet es Milch, bald Blut, bald gar Frösche. Nicht zum seltensten aber kommen derbe Steine mit dem gehörigen Gepolter herunter. Wo immer man ältere Litteratur aufschlägt, kehren grade diese Steinfälle mit äußerster Hartnäckigkeit wieder. Die Vorgänger der ledernen römischen Chronisten, die Chinesen, verzeichnen schon einen Fall von fünf Steinen in der chinesischen Provinz Song für 644 v. Chr., merkwürdigerweise nahezu dieselbe Zeit, die auch Livius für einen Steinregen im Albanergebirge namhaft macht. 176 Jahre später fiel ein enormer Klotz von „Wagengröße" bei Ägos Potamoi in Thracien, — die griechischen Dichter sangen davon, die Philosophen grübelten, die Reisenden bis in des Plinius-Tage hinein wallfahrteten zu der Stätte und bestaunten den unerhörten Gast. Als dann die Mönche des Mittelalters die römischen Chronikenschreiber ablösten und alles in Glauben und Weltauffassung sich so fundamental verwandelt hatte, schien doch die Kunde von diesen Dingen immer neu belebt: was man einst in den Tempel des Jupiter auf der lichten Höhe des schönen Albanergipfels getragen, wanderte jetzt in die Kirche, und die Klosterleute verzeichneten es als ein Wunder des allmächtigen Herrgotts. Die Steine aber fielen und fielen, im neuen Glauben so eifrig wie im alten. In den Annales Fuldenses heißt es für das Jahr 823, da der fromme Ludwig mit seinen Söhnen verhandelte, in Sachsen seien 35 Dörfer mit Menschen und Vieh verbrannt durch feurige Steinmassen, die vom Himmel kamen. In der Kirche zu Ensisheim zwischen Kolmar und Mülhausen im Elsaß hängt heute noch eine Gedenktafel auf einen anderen Fall, der grade die Zeit trifft, da Columbus unter den Schauern der ersten überwältigenden Entdeckerfreude zwischen Cuba und Haiti segelte. „Anno domini 1492" heißt es da, „uff Mittwochen nächst vor Martini den siebenten Tag Novembris geschah ein seltsam Wunderzeichen. Denn zwischen der eilften und der zwölfften Stund zu Mittagszeit kam ein großer Donnerklopff und ein lang Getöß, welches man weit und breit hörte, und fiel ein Stein von den Lüfftn herab bei Ensisheim in ihren Bann, der wog zweihundert und sechzig Pfund, und war der Klopff anderwo viel größer denn allhier. Da sahe ihn ein Knab in eim Acker im oberen Feld, so gegen Rhein und Ill zeucht, bei dem Gisgang gelegen, schlagen, der war mit Waitzen gesäet und that ihm kein Schaden, als daß ein Loch innen würd. Da führten sie ihn hinweg und ward etwa mannig Stück davon geschlagen: das verbot der Landvogt. Also ließ man ihn in die Kirche legen, ihn willens dann zu eim Wunder aufzuhencken und kamen viel Leute allher den Stein zu sehen, auch wurden viel seltsam Reden von dem Stein geredet. Aber die Gelehrten sagten, sie wissen nicht, was es wär, denn es wär übernatürlich, daß ein solcher Stein sollt von den Lüfften herabschlagen, besonders es wär ein Wunder Gottes, denn es zuvor nie erhört, gesehen noch geschrieben befunden worden

wär. Da man auch den Stein fand, da lag er bei halb Mannestief in der Erden, welches jedermann dafür hält, daß es Gotts Wille war, daß er gefunden würde. Und hat man den Klopff zu Luzern, zu Pfillingen und sonst an viel Orten so groß gehört, daß die Leut meinten, es wären Häuser umgefallen. Darnach uff Montag nach Catharinen gedachten Jahrs, als König Maximilian allhier war, hießen ihre königliche Excellenz den Stein, so jüngst gefallen, ins Schloß tragen, und als man ihn darein brachte, hielt er Excellenz viel Kurzweil mit dem Stein, und da er lange mit den Herren davon redt, sagte er, die von Ensisheim sollten ihn nehmen und in die Kirche heißen aufhenken, auch niemals davon lassen schlagen. Doch nahm er Excellenz zwey Stück davon: das Ein behielt sein Excellenz, das Andere schickte er Herzog Sigmunden von Österreich. Und war eine große Sage von dem Stein, also hinck man ihn in den Chor, da er noch henckt. Auch kam eine große Welt den Stein zu sehen."

In diesem naiven Bericht, dessen Glaubwürdigkeit ein noch heute vorhandenes, nickeleisen- und olivinhaltiges Meteoritenstück in jener Kirche bestätigt, ist charakteristisch der Satz von den Gelehrten, die nicht wissen, „was es wär", denn ein vom Himmel fallender Stein „wär übernatürlich". Die Wende zu der großen Zeit der Astronomie stand um 1492 bevor: eben war der zwanzigjährige Kopernikus auf die hohe Schule zu Krakau gezogen, um Astronomie zu lernen. Mit jedem Jahrzehnt der folgenden drei Jahrhunderte wurde der Himmel „gesetzmäßiger". Bewegung zwar kam in die Erde selbst hinein. Aber unwandelbare Gesetze beherrschten diese Bewegung, vor denen nichts zufällig war. Das ganze Planetensystem wurde in den Händen der großen Denker von Tycho bis auf Newton ein einziges ungeheures Rechenexempel. In dieses Rechenexempel aber paßte nichts schlechter als das planlose Auftauchen fliegender Steine, die vom „Himmel" fallen sollten, — diesem offenen Himmel, von dem man jetzt so deutlich einsah, daß er weder ein krystallenes Gewölbe sei, von dem „Stücke" losbrechen konnten, noch auch nur ein festes Sphärensystem, an dem die Gestirne auf Reifen liefen, sondern thatsächlich ein durchaus offener Raum, allein durchwogt von geheimnisvoll fernwirkenden Anziehungskräften und forttreibender Schwungkraft. Sollte nicht die ganze Tradition von jenen Steinen ein Märchen sein? Ein Märchen war ja selbst das Wunderwerk höchster alexandrinischer Gelehrtenweisheit geworden: das Ptolemäische Weltsystem. Und sah man sich unter schwersten Gewissenskämpfen nicht gar genötigt, die heilige Autorität der Bibel in astronomischen Dingen anzuzweifeln? Wie viel leichter, da an einer weltlichen Gedenktafel in einer Kirche, einem Kapitel des Plinius, einer leichtgläubigen alten Chronik Kritik zu üben und jeden Steinfall schlechtweg als geschichtliches Faktum zu leugnen?

Und doch zeigte sich hier die Kehrseite grade einer großen, geistesgewaltigen Zeit. Weil man dort Gesetze gefunden, leugnete man hier vor-

eitig, was dem Gesetz sich nicht fügen wollte. Das war der Einschlag verhängnisvollen Truggewebes! Es waren nicht eigentlich die großen Meister selbst, die in Schuld gerieten. Die Schar der Epigonen war es, die auf die Autorität jener schwur. Selbstforschen macht autoritätsfrei. Das blinde Nachbeten aber schafft den Dünkel, dem die verderblichsten Hemmungen des Forschens selbst entspringen. Die absolute Leugnung jeder Möglichkeit eines Steinfalls steht am Ende der großen Epoche, die Kopernikus eingeleitet. Ihre Zeit ist das vorige Jahrhundert. — ihr Sitz jene stets bedenkliche Korporation „offizieller Institute," denen das Erbe großer Individuen ein gesellschaftliches Privileg geschaffen hat und die ein Monopol auf Wissenschaftliches und Wahrheit zu besitzen glauben, von dem aus nicht mit Denken und Beobachten, sondern mit päpstlichen Federstrichen die Welt verteilt wird. Die wahrhaft große Zeit der astronomischen Reformatoren hatte die ptolemäischen Epiyckel aus dem Hörsaal und das alte Testament aus der Bibliothek der Sternkunde verbannt; die Akademien aber, in denen ihr Wort Autorität geworden, warfen die echten Meteorsteine als abergläubischen Plunder aus den Sammlungen und spöttelten über die Laien, die Protokolle vorzeigten, daß Steine vom Himmel gefallen seien!

Ein sehr offizieller Herr, der 1806, in der Zeit Humboldts, als Direktor des k. k. Naturalien-Kabinetts zu Wien verstorben ist, Andreas Stütz, schrieb bei Besprechung eines bei Hradschina (Kroatien) niedergefallenen, 71 Pfund schweren Eisenstücks, das sich drei Klafter tief in den Boden eingebohrt und dessen voraufgehenden Feuerstrudel man in weiten Teilen Deutschlands gesehen hatte, 1790 die klassischen Worte: „Daß das Eisen vom Himmel gefallen sein soll, mögen wohl 1751 selbst Deutschlands aufgeklärte Köpfe bei der damals unter uns herrschenden Ungewißheit in der Naturgeschichte und Physik geglaubt haben; aber in unseren Zeiten wäre es unverzeihlich, solche Märchen auch nur wahrscheinlich zu finden." Zum Glück reichte der offizielle Stütz'sche Autoritätsaberglaube nicht so weit, daß er das Eisenfragment selbst zur Müllgrube verurteilte, — er würde sonst das prachtvolle Wiener Hofmuseum von heute um sein kostbarstes Meteoritenstück gebracht haben. Denn es war ein „vom Himmel gefallenes Eisen", und die Erkenntnis davon kam unmittelbar nach jenem tiefsinnigen Urteil glänzend an den Tag. Die Pariser Akademie, als vielköpfiges Institut von glorreichsten Traditionen noch viel „offizieller" als der einzelne k. k. Konservator, brachte es zwar im gleichen Jahre 1790 noch fertig, ein von dreihundert (!) Augenzeugen unterzeichnetes Protokoll über einen Steinregen in der Nähe von Roquefort als Dokument menschlicher Dummheit zu verunglimpfen. „Wie traurig ist es nicht," urteilte einer ihrer Berichterstatter, „eine ganze Municipalität durch ein Protokoll in aller Form Volkssagen bescheinigen zu sehen, die nur zu bemitleiden sind.

Was soll ich einem solchen Protokoll weiter beifügen? Alle Bemerkungen ergeben sich dem philosophischen Leser von selbst, wenn er dieses authentische Zeugnis eines offenbar falschen Faktums, eines physisch unmöglichen Phänomens, liest." Hiermit war denn der glänzende Gipfel glücklich erreicht, der in dem berühmten, Delue zugeschriebenen Satze sich spiegelt: „Ich habe 's zwar gesehen, aber ich glaube 's nicht."

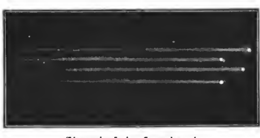
Vier Jahre nach Stütz, 1794, schlug der Physiker Friedrich Chladni (geb. 1756) die ganze Autoritätspagode mit seiner vortrefflichen Schrift: „Über den Ursprung der von Pallas entdeckten Eisenmasse und einige damit in Verbindung stehende Naturerscheinungen" endgiltig in Grund und Boden. Er trat darin den Beweis für die beiden heute unanfechtbaren Thesen an: „erstens, daß öfter Stein- und Eisenmassen vom Himmel gefallen sind und dieses als historisch erwiesene Thatsache anerkannt werden muß; zweitens, daß dieses Ereignis identisch mit Feuerkugeln ist und diese nichts anderes als solche brennende Masse sind; drittens, daß diese Massen kosmisch sind, d. h. Ankömmlinge aus dem Weltraum, welche vorher der Erde und ihrer Atmosphäre fremd waren." Noch suchte man selbst Chladni etwas zu zausen, und in der Polemik gegen ihn fand sich der ebenfalls klassische Satz zu den früheren, daß Chladni unter diejenigen zu zählen sei, „welche alle Weltordnung leugnen und nicht bedenken, wie sehr sie an allem Bösen in der moralischen Welt schuld sind."

Aber es war jetzt wirklich, als wenn sich der Kosmos selber empöre über die akademische Borniertheit: im nächsten Jahrzehnt ergoß sich ein solcher Platzregen von Steinen über die verschiedensten Orte Europas, daß selbst auf Kosten eines Falles der mit diesem bösen Naturoffenbaren verknüpften „moralischen Weltordnung" die Sätze Chladni's nicht länger angezweifelt werden konnten. In Wahrheit war es hohe Zeit für die „Moral" der naturforschenden Welt, daß ein Dogma fiel, das aller Forschung unwürdig war. Das Tröstliche in der ganzen Geschichte ist bloß, daß es nicht die echte Methode der Wissenschaft war, die das Unheil angerichtet hatte, sondern grade ihre Fälschung durch blinden Autoritätsfanatismus. Aber eine Warnung auch für die Gegenwart kann man nicht nachdrücklich genug herauslesen!

Also Meteoriten fallen wirklich, — und sie fallen aus dem Weltraum. Welche Rolle spielen sie dort? Was sind sie, ehe der Erdenschoß oder die Glasschränke unserer Museen sie aufnehmen?

Die Bilder an verschiedenen Stellen dieses Buches (S. 26, 345, 346) geben Proben, wie Meteorsteine aussehen. Aber diese Formen können im allgemeinen nicht als irgendwie typische angesehen werden für die Gestalt der Steine vor ihrer Berührung mit der Erde. Die Art, wie der Meteorit in der Mehrzahl der beobachteten Fälle herunterkommt, legt das nahe genug. Am heitern Himmel erscheint zunächst unerwartet eine sogenannte „Feuer-

kugel". Sie bewegt sich, meist weithin sichtbar, rasch vorwärts, indem sie einen hellen, oft noch lange nachglimmenden Schweif hinter sich herzieht. Dann über dem Orte, der den Steinfall erhalten soll, meist ein starker Knall mit nachfolgendem Donnern und Knattern, und der Stein oder eine Menge solcher sausen herunter. Sie bohren sich tief in das weiche Erdreich ein. Ihre Oberfläche zeigt in der Mehrzahl der Fälle eine sehr hohe Temperatur und Spuren eines dadurch hervorgerufenen Schmelzungsprozesses, der aber nur die Oberfläche oder die Wände von Spalten betrifft; oft sind zahlreiche Stückchen der Oberfläche durch Explosionsgewalt herausgesprengt, so daß näpfchenartige Eindrücke sich zeigen. In den seltenen Fällen, da das Innere auf seine Temperatur geprüft werden konnte, ergab sich eine außerordentliche Kälte, — bei einem in Pegu gefallenen Stein derart, daß man ihn an der Bruchstelle mit bloßen Händen nicht anfassen konnte.



Eine vierfache Feuerkugel.
Beobachtet von Tachini.

Alle diese Erscheinungen passen Zug um Zug vortrefflich auf die rein theoretisch zu erwartenden Schicksale einer kleinen, rasch bewegten, im Weltraume irgend eine individuelle Bahn beschreibenden mineralischen Masse, die plötzlich in die Nähe der riesigen Erde gerät, an der Atmosphäre sich reibt und durch den Umsatz der bei der Reibung verlorenen Eigenbewegung in Wärme sich gleichzeitig stark erhitzt, auch die Luft, indem sie sie ein Stück weit vor sich herdrängt und zusammendrückt, zur Schmelzglut bringt, bis sie endlich, an der Oberfläche geschmolzen, endgiltig auf die Erde selbst herunterstürzt, wo man sie als einen im äußeren stark verwandelten, aber in der innern chemischen Zusammensetzung und Struktur unveränderten Gast des Weltalls aufliest. Bei dem eigentlichen „Stein-Regen" handelt es sich entweder um eine größere Masse, die bei der jähen Erhitzung in donnernder Explosion geplatzt ist, oder, wie in sehr zahlreichen Fällen, wo jeder Stein eine gleichmäßige Schmelzrinde ohne frische Bruchflächen zeigt, um einen kleinen Schwarm von Einzelmeteoriten, die gleichzeitig in die Erdatmosphäre eingetreten sind. Auch im letzteren Falle erscheint der Schwarm wohl durchweg dem bloßen Auge als einheitliche Feuerkugel. Julius Schmidt glückte es einmal, eine solche von offenbar vielköpfiger Zusammensetzung mit dem Fernrohr zu erhaschen; es zeigten sich vorn zwei strahlend grüne Stücke von Tropfengestalt, die lange, intensiv rote Schweife

hinter sich her zogen; dann aber folgte eine ganze Schar kleiner, ebenfalls grüner, rot geschweifter Fragmente der verschiedensten Größe. (Vergl. das Bild unten.)

Die anfängliche Geschwindigkeit der Meteore muß der Berechnung nach vielfach eine ganz enorme sein. Für den Meteoriten von Pultusk werden über sieben Meilen Geschwindigkeit auf die Sekunde noch innerhalb der hemmenden Atmosphäre verzeichnet, was die schnellste bekannte Planetenbewegung (Merkur mit 6,41 Meilen pro Sekunde) übertrifft.

Was die Menge anbelangt, so ist es bei ein und demselben Steinregen vorgekommen, daß mehrere tausend einzelne Stücke gezählt wurden. Bei jenem gewaltigen Fall von Pultusk in Polen am 30. Januar 1868, dessen Feuerkugel vom Harz bis tief ins Innere Rußlands hinein gesehen wurde, spaltete diese sich fallend in mehrere tausend Steine. Dabei stürzen gelegentlich Blöcke nieder wie der auf S. 345 abgebildete von Bondego in Brasilien, deren Fortbewegung keine leichte Aufgabe ist. Ein solcher brasilianischer Eisenkoloß erreichte 7000 kg Gewicht. Sollte gar eine von Nordenskjöld an der Nordwestküste Grönlands 1870 entdeckte Masse ein echter Meteorstein sein, so böte sich in ihr ein Fremdling des Alls, der unsere Erde um nicht weniger als 25 000 kg Masse bereichert hätte. Immerhin scheinen diese Riesen die Ausnahme zu bilden, die Mehrzahl der fallenden Steine ist mittelgroß bis ganz klein. In Stockholm bewahrt man Partikelchen von 0,06 g, und jenseits dieser erst beginnt der mikroskopische Meteorstaub, der, wie schon einmal früher (S. 347) berührt, auf der Schneedecke Schwedens wie in den Abgründen der Meere nachgewiesen worden ist.



Feuerkugel, im Teleskop beobachtet.

Man sieht, wie die für das unbewaffnete Auge scheinbar einfache Feuerkugel aus einer ganzen Masse einzelner Meteore besteht, die einzeln ihre Feuerschweife hinter sich herziehen.

(Vergl. die Angaben Julius Schmidts oben.)

Vom Moment, da man sich einmal den Gedanken an die kosmische Natur der Meteoriten vertraut gemacht, muß das Interesse sich naturgemäß aufs höchste um die stoffliche Zusammensetzung dieser seltsamsten Weltenwanderer konzentrieren. Hier — und nur hier — legen wir unsere Hand auf thatsächlich „Überirdisches“, und unsere Chemie enträtselt nicht mehr bloß mit dem indirekten Zauberspiegel der Spektralanalyse, sondern mit allen ihren direkt dem „Stoffe“ gegenüber anwendbaren Methoden die mineralische Natur eines fremden Weltkörpers. Die Resultate sind bisher

wenig blendend für den Laien, aber von höchstem Wert für den denkenden Naturforscher.

Die chemische Analyse der zugänglichen Meteoriten ergiebt als Grundlage nicht ganz ein Drittel unserer auch auf Erden nachgewiesenen Elemente, dagegen kein neues, in der Erdrinde unbekanntes. Sicher bestimmt sind: Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel, Chlor, Phosphor, Arsen, Kohlenstoff, Silicium, Kalium, Natrium, Calcium, Aluminium, Magnesium, Mangan, Chrom, Kobalt, Nickel, Kupfer, Zinn, Titan und vor allem Eisen. Was die Prozentsätze anbetrifft, so läßt sich mit einiger Sicherheit behaupten, daß Eisen, Magnesium und Silicium in den Meteoriten dieselbe prädominierende Stellung einnehmen, die bei einer Zertrümmerung der Erde in Meteoritenstoff der Prozentverteilung nach mutmaßlich zu erwarten stände. Nickel dagegen ist entschieden stärker vertreten als auf der Erde oder wenigstens deren Oberfläche, und die edeln Metalle fehlen umgekehrt vollkommen. Das letztere kann aber reiner Zufall sein. In der Art, wie die Elemente sich untereinander verbunden zeigen, treten schon ein paar weit schärfere Gegensätze zu dem bei uns geläufigen auf. Neben meteorischen Mineralien, deren Krystallform und chemische Verbindung wieder durchaus irdisch bekannt sind, wie Olivin, Augit, Quarz, Magnetkies, Graphit u. a. zeigt sich Eisen in einer vorläufig ganz aparten Legierung mit Nickel und in einer irdisch ebenso unbekannten Verbindung mit Nickel zugleich und mit Phosphor (Schreibersit), wozu noch einige minder wichtige Species von Absonderlichkeiten kommen.

Das Auftreten von Diamanten (den Krystallen des reinen Kohlenstoffs) ist neuerdings endgiltig bestätigt worden; es kann nichts Auffälliges neben dem bereits fest nachgewiesenen Graphit haben. Dagegen weist allerdings der starke Prozentsatz Wasserstoff in meteorischen Eisenmassen, den man künstlich mit unseren Mitteln gar nicht in Eisen hineinpressen kann, auf kosmische Bildungsverhältnisse höchst individueller Art.

Im ganzen lassen sich sehr deutlich zwei Gruppen von Meteorarten je nach dem Prozentsatz dieser ihrer Bestandteile heraussondern: die Eisenmeteoriten und die Steinmeteoriten.

Die Eisenmeteoriten, die Daubrée zuerst als besondere Gruppe der „Sideriten" abgetrennt hat, werden schon durch den Namen gekennzeichnet als mehr oder minder eisenhaltig. In einer großen Zahl von Fällen bestehen sie der Hauptmasse nach durchaus aus gediegenem Eisen mit Zusatz von Nickel und Phosphor, auch von Schwefel und Kohle, und zwar setzen sie sich dann meist aus dünnen Lamellen zusammen, deren Gehalt an Nickel, Phosphor und Schwefel kein gleichmäßiger ist, so daß beim Durchschneiden und nachherigen Anätzen mit Salpetersäure infolge der verschiedenartig starken Reaktion der Einzellamellen auf die Schärfe der Säure eigentümliche zackige Zeichnungen auf der Schnittfläche ent-

stehen, die (nach ihrem Entdecker so benannten) Widmanstätten'schen Figuren. Es ist gelungen, auch auf künstlichen Schmelzprodukten aus Eisen, Nickel, Schwefel- und Phosphoreisen diese Figuren zu erzeugen, dagegen sind sie bisheran noch niemals an natürlich auf der Erde vorkommenden Mineralien nachweisbar geworden.

An jene echten Eisenmeteoriten schließen sich überleitende Formen, in denen das Eisen durchsetzt ist mit Körnern sogenannten Olivins, einem auch auf Erden sehr bekannten Produkt aus Mangan und Kieselsäure. Die echten Steinmeteore oder Chondrite endlich weisen durchaus steinigte Masse ganz oder fast ganz ohne reines Metall. In der chemischen Zusammensetzung fehlt es hier durchweg nicht an irdischen Analogien, einzelne Proben gleichen sogar vollständig gewissen vulkanischen Gebilden der Erde, und zwar meist solchen jüngeren Datums. Völlig unbekannt aus Meteoriten sind bisher Spuren von Sedimentgestein (aus dem Wasser abgelagerte Sandsteine, Thone, Kalke u. s. w.), sowie von den ältesten zur Familie der Granite gehörigen Steinbildungen der Erdkruste. Das Fehlen von Sedimentgesteinen ist um so bedauerlicher, als nur hier dem Forscher die Hoffnung sich aufthun könnte, versteinerte Reste von Organismen eines fremden Weltkörpers kennen zu lernen. Merkwürdig genug ist in diesem Sinne für die Spekulation wenigstens das Vorkommen sogenannter Kohlenmeteorite, die fast ganz aus einer schwarzen Verbindung von Kohle mit Wasserstoff und Sauerstoff bestehen. Kohle erweckt aber stets die Vermutung, daß es sich um Reste vegetabilischen Lebens handle, und es ist denkbar, daß hier dennoch einmal eine „Meteor-Botanik" einsetzen darf. Vorläufig schließt sich der Bogen noch für unsern sehnsüchtigen Blick: ein verzweifelter, aber durchaus im guten Glauben unternommener Versuch aus neuerer Zeit, in den Chondriten durch mikroskopisch vergrößerte Dünnschliffe Reste winziger Tiere (Korallen, Seelilien u. a.) nachzuweisen, hat zwar einmal lebhaft die Presse, besonders die nicht

Ein echter Stein-Meteorit (Chondrit).

wissenschaftliche, beschäftigt, erwies sich dann aber — leider — als eine betrübliche Selbsttäuschung, wie sie auf solchen Gebieten, wo das korrekte „Sehenkönnen" nicht jedermanns Sache ist, nur zu leicht mit unterlaufen.

Die Menge der Meteoriten, die, seit man planmäßig auf sie achtet, in den zugänglichen Strichen der Erde gefallen sind, läßt einen ungefähren Anschlag dafür gewinnen, wie enorm groß die Zahl dieser kleinen Mineralkörperchen schon allein innerhalb der Erdbahn sein muß. Die „Leere" des Weltraums erscheint also recht problematisch. Sie wird es aber noch weit mehr, wenn man eine Erscheinung heranzieht, die aller Wahrscheinlichkeit nach ganz und gar nicht von den herabsausenden Meteoriten getrennt werden kann.

Wir haben gesehen, wie ein Meteor, lange ehe es als glühender Stein herunterkommt, als Feuerkugel am Himmel dahinzieht. Diese Lichterscheinung in den Lüften wird oft über weite Erdflächen hin (bei dem Stein von Pultusk in Polen bis in den Harz!) erblickt, die von dem endlichen Fallen des Blocks höchstens durch die Zeitung erfahren. Und es geschieht vielfach, daß das Ganze sich fernem Beschauer nur äußert als jäh aufflammender Strich am Himmel, der bald abglüht und bloß die Bahn des Himmelsgastes noch eben angedeutet hat. Hält man dazu, daß eben dieser nachstrudelnde Feuerschweif des Meteors, abgesehen von der rückströmenden, durch Pressung erhitzten Luft jedenfalls auch mitentsteht durch zurückbleibende, verpuffende Teilchen der schmelzenden Oberfläche des Steins, und daß dieser letztere beim endlichen Fall stets einen mehr oder minder großen Teil durch Verdampfung in der jähen Glut verloren hat, — so liegt der Gedanke nahe, es könnten kleine Meteoriten wohl öfters ganz in der Höhe schon verzehrt werden und unsere Luft bloß mit einem sich verlierenden Wölkchen Metalldampf bereichern, ohne irgendwo als feste, innen noch kalte Masse herunter zu gelangen. Dann würde man in der That auch am sonstigen Falleentrum nichts erblicken, als einen hellen, rasch abblassenden Feuerstrich, der weder unser Ohr mit seinem Getöse schreckt, noch einen Eisenblock nach unseren Köpfen wirft. Der Leser kennt die Erscheinung, die hier hypothetisch gefunden ist, als alten Bekannten: es ist die sogenannte „Sternschnuppe", die uns jeder Abend zeigt, wenn wir nur das geringste Stückchen Laien-Astronomie treiben, nämlich einfach eine Weile gen Himmel schauen.

Im allgemeinen ist heute kein Zweifel mehr, daß die einfache Sternschnuppe und die Feuerkugel, die mit einem Steinfall endigt, nur noch Gradunterschiede einer und derselben Kategorie von Erscheinungen darstellen. Der Schweif, den die Sternschnuppe hinter sich herzieht und der keineswegs etwa ein optisches Phänomen, ein Irrtum unseres Auges ist, gleich der glühenden Ringbahn etwa einer im Kreise geschwungenen Kohle, weist auf einen allen Ernstes da oben verpuffenden „Körper". Die Höhe der Schnuppen

ist nachweislich eine sehr beträchtliche: die wenigsten verschwinden erst eine Meile hoch über uns, viele schon bei 9, andere bei 40 und mehr Meilen, wobei die Geschwindigkeit durchaus der der Meteoriten entspricht. Kein Umstand steht der meteorischen Natur entgegen. Und nur darüber mag man sich streiten, ob die Sternschnuppe nicht eine besonders leicht verbrennliche Art unter den Meteoriten darstellen könnte. Oft ist berichtet worden, es sei ausnahmsweise auch von einer echten Sternschnuppe etwas „Materielles" heruntergekommen. Aber es scheint, daß die Angaben grade hierüber äußerste Kritik nötig machen, da die Phantasie sich besonders gern zu unliebsamem Dienste drängt, wo das Phänomen ein so allgewohntes und infolgedessen auch das vage Grübeln ein so weit verbreitetes ist. Seltsame Berichte über eine gallertige, schaumig glänzende Masse mit Schwefelgeruch, die als „Schnuppe" heruntergekommen, irren durch die Annalen der Astronomie, ohne bis heran irgend eine Gewähr gefunden zu haben, da der nötigste Mann, der Chemiker, stets dabei gefehlt hat. Lassen wir der Zukunft hier ihre Überraschungen als williges Erbe, falls es noch welche geben sollte!

Die Sternschnuppe ist uns auch ohne den Nimbus des ganz Wunderbaren ein höchst wertvoller Zeuge zur Meteoritentheorie. Sie führt uns auf eine Beobachtung, die der einzelne fallende Stein niemals geben konnte: auf eine Regelmäßigkeit, eine Gesetzmäßigkeit in der Verteilung der Meteoriten innerhalb der Erdbahn.

Der einfache Sachverhalt ist folgender. In jeder sternklaren Nacht fallen pro Stunde für denselben Beobachter vier bis fünf Sternschnuppen. In gewissen Nächten des Jahres aber vermehrt sich dieser Prozentsatz. Gegen den 10. August und 13. November kann man durchschnittlich 13 bis 15 rechnen. Das giebt schon eine offenbar periodische Ungleichheit, die ein Gesetz zu erschließen scheint: zweimal im Jahre nahen der Erde mehr Sternschnuppen, sie berührt auf ihrer Bahn eine mit ansausenden Schnuppen offenbar dichter erfüllte Raumgegend. Aber eine zweite, viel intensivere Periode zeigt sich, wenn man eine größere Zahl von Jahren vergleicht. Dann erhellt eine geradezu enorme Steigerung für ungefähr jedes dreiunddreißigste Jahr: eine Steigerung, die bis zu 27 000 Schnuppen in der Stunde wachsen kann, was dem Beschauer schon das Bild eines regelrechten Sternschnuppen-Regens erzeugen muß und das gesamte Firmament für das Auge in Flammen setzt. Seit alters hatte man solche Riesenfälle verzeichnet, ohne doch der regelmäßigen Wiederkehr zu achten, die so überaus merkwürdig ist. Der Himmel weinte leuchtende Thränen, schrieb der Mönch in seine Chronik. Dem Kreuzfahrer blitzten Speere in dem Wunderspuk der Nacht. Aber erst um die Wende zu unserm Jahrhundert spiegelte sich, grade nach seiner dreiunddreißigjährigen Periode wiederkehrend, das Phänomen in einem ganz vorurteilsfreien, dem reinen

Beobachten geweihten Naturforscherauge. Es war im Jahre 1799. An der Küste Venezuelas in Südamerika, in Cumana, rüsteten sich zwei jugendfrische Pioniere der Wissenschaft zur Entdeckungsfahrt auf dem Orinoco: Alexander von Humboldt und sein Begleiter, der Botaniker Aimé Bonpland. Eben war ein Erdbeben vorübergegangen, den tapfern Fremden kein Schrecken, sondern bloß ein Gegenstand förmlich begeisterten Studiums. Da nahte unverhofft ein neues, im Reiseprogramm nicht vorgesehenes Wunder. „Die Nacht," so erzählt Humboldt in seiner „Reise in die Äquinoktial-Gegenden", „vom 11. zum 12. November war kühl und ausnehmend schön. Gegen Morgen, von 1/23 Uhr an, sah man gegen Ost höchst merkwürdige Feuermeteore. Bonpland, der aufgestanden war, um auf der Galerie der Kühle zu genießen, bemerkte sie zuerst. Tausende von Feuerkugeln und Sternschnuppen fielen hintereinander, vier Stunden lang. Ihre Richtung war sehr regelmäßig von Nord nach Süd; sie füllten ein Stück des Himmels, das vom wahren Ostpunkt 30 Grad nach Nord und nach Süd reichte. Auf einer Strecke von 60 Graden sah man die Meteore in Ostnordost und Ost über den Horizont aufsteigen, größere oder kleinere Bogen beschreiben und, nachdem sie in der Richtung des Meridians fortgelaufen, gegen Süd niederfallen. Manche stiegen 40 Grad hoch, alle höher als 25—30 Grad. Der Wind war in der niederen Luftregion sehr schwach und blies aus Ost; von Wolken war keine Spur zu sehen. Nach Bonplands Aussage war gleich zu Anfang der Erscheinung kein Stück am Himmel so groß als drei Monddurchmesser, das nicht jeden Augenblick von Feuerkugeln und Sternschnuppen gewimmelt hätte. Die ersteren waren wenigere; da man ihrer aber von verschiedenen Größen sah, so war zwischen diesen beiden Klassen von Erscheinungen unmöglich eine Grenze zu ziehen. Alle Meteore ließen 8—10 Grad lange Lichtstreifen hinter sich zurück, was zwischen den Wendekreisen häufig vorkommt. Die Phosphoreszenz dieser Lichtstreifen hielt 7—8 Sekunden an. Manche Sternschnuppen hatten einen sehr deutlichen Kern von der Größe der Jupiterscheibe, von dem sehr stark leuchtende Lichtfunken ausfuhren. Die Feuerkugeln schienen wie durch Explosion zu platzen; aber die größten, von 1—1°13′ Durchmesser, verschwanden ohne Funkenwerfen und ließen leuchtende, 15—20 Minuten breite Streifen (trabes) hinter sich. Das Licht der Meteore war weiß, nicht rötlich, wahrscheinlich weil die Luft ganz dunstfrei und sehr durchsichtig war. Aus demselben Grunde haben unter den Tropen die Sterne erster Größe beim Aufgehen ein auffallend weißeres Licht als in Europa. Fast alle Einwohner von Cumana sahen die Erscheinung mit an, weil sie vor vier Uhr aus den Häusern gehen, um die Frühmesse zu hören. Der Anblick der Feuerkugeln war ihnen keineswegs gleichgiltig; die ältesten erinnerten sich, daß dem großen Erdbeben des Jahres 1766 ein ganz ähnliches Phänomen vorausgegangen war. In der indi-

anischen Vorstadt waren die Guaiqueries auf den Beinen; sie behaupteten, „das Feuerwerk habe um ein Uhr nachts begonnen, und als sie vom Fischfang im Meerbusen zurückgekommen, haben sie schon Sternschnuppen, aber ganz kleine, im Osten aufsteigen sehen." Sie versicherten zugleich, auf dieser Küste seien nach zwei Uhr morgens Feuermeteore sehr selten. Von vier Uhr an hörte die Erscheinung allmählich auf; Feuerkugeln und Sternschnuppen wurden seltener; indessen konnte man noch eine Viertelstunde nach Sonnenaufgang mehrere an ihrem weißen Licht und dem raschen Hinfahren erkennen. . . . . Da bei meinem Abgang von Europa die Physiker durch Chladni's Untersuchungen auf Feuerkugeln und Sternschnuppen besonders aufmerksam geworden waren, so versäumten wir auf unserer Reise von Caracas nach dem Rio Negro nicht, uns überall zu erkundigen, ob am 12. November die Meteore gesehen worden seien. In einem wilden Lande, wo die Einwohner größtenteils im Freien schlafen, konnte eine so außerordentliche Erscheinung nur da unbemerkt bleiben, wo sie sich durch bewölkten Himmel der Beobachtung entzog. Der Kapuziner in der Mission San Fernando Apure, die mitten in den Savanen der Provinz Varinas liegt, die Franziskaner in den Fällen des Orinoco und in Maroa am Rio Negro hatten zahllose Sternschnuppen und Feuerkugeln das Himmelsgewölbe beleuchten sehen. Maroa liegt 174 Meilen südwestlich von Cumana. Alle diese Beobachter verglichen das Phänomen mit einem schönen Feuerwerk, das von drei bis sechs Uhr morgens gewährt. Einige Geistliche hatten diesen Tag in ihrem Ritual angemerkt, andere bezeichneten denselben nach den nächsten Kirchenfesten, leider aber erinnerte sich keiner der Richtung der Meteore oder ihrer scheinbaren Höhe. Nach der Lage der Berge und dichten Wälder, welche um die Missionen an den Katarakten und um das kleine Dorf Maroa liegen, mögen die Feuerkugeln noch 20 Grad über dem Horizont sichtbar gewesen sein. Am Südende von spanisch Guyana, im kleinen Fort San Carlos, traf ich Portugiesen, die von der Mission San Jose dos Maravitanos den Rio Negro heraufgefahren waren. Sie versicherten mich, in diesem Teile Brasiliens sei die Erscheinung zum wenigsten bis San Gabriel das Cachoeiras, also bis zum Äquator sichtbar gewesen. Ich wunderte mich sehr über die ungeheure Höhe, in der die Feuerkugeln gestanden haben mußten, um zu gleicher Zeit in Cumana und an der Grenze von Brasilien, auf einer Strecke von 230 Meilen gesehen zu werden. Wie staunte ich aber, als ich bei meiner Rückkehr nach Europa erfuhr, dieselbe Erscheinung sei auf einem 64 Breite- und 91 Längegrade großen Stück des Erdballs, unter dem Äquator, in Südamerika, in Labrador und in Deutschland gesehen worden! Auf der Überfahrt von Philadelphia nach Bordeaux fand ich zufällig in den Verhandlungen der pennsylvanischen Gesellschaft die betreffende Beobachtung des Astronomen der Vereinigten Staaten, Ellicot (unter 30 Grad 42 Minuten), und als

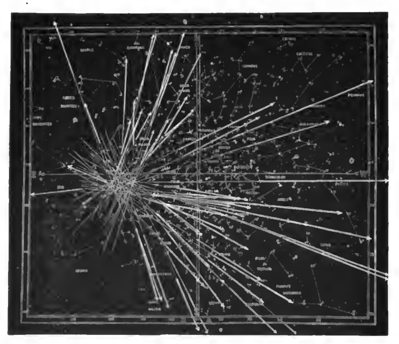
ich von Neapel wieder nach Berlin ging, auf der Göttinger Bibliothek den Bericht der mährischen Missionare bei den Eskimos. Bereits war damals von mehreren Physikern die Frage besprochen worden, ob die Beobachtungen im Norden und die in Cumana, die Bonpland und ich schon im Jahre 1800 bekannt gemacht, denselben Gegenstand betreffen."

Eine längere Reihe von Jahren folgte, ohne daß der Sternschnuppenregen sich wiederholt hätte. Im November 1831 begann dann wieder ein rapides Anwachsen, und in der Nacht vom 12. zum 13. November 1833 kam ein den neunundneunziger noch überbietender Kolossalfall. Jetzt stand die Periode klar vor Augen. Olbers prophezeite die nächste Wiederkehr für den November 1867, — sie ist in der That eingetreten, wenn auch ein Jahr verfrüht. Wir heute dürfen für 1899 oder 1900 wohl mit Bestimmtheit abermals auf eine Wiederkehr rechnen.

Der Fall von 1833 gab aber mit der Periode zugleich eine andere, höchst wichtige Aufklärung. Für den groben Anblick schien es, als fielen die Schnuppen regellos wie Schneegestöber vom Himmel herab. Aber wenn man sich die Mühe machte, eine größere Zahl der entstehenden graden Lichtstriche da oben genau aufzuzeichnen, und wenn man dann auf einer Himmelskarte alle diese Linien verlängerte, so trafen sie faktisch alle in einem bestimmten Punkte des Himmels zusammen: diesmal einem Stern im Bilde des großen Löwen. Dieser sogenannte „Radiationspunkt" (Vergl. das Bild S. 578) verharrte aber, was sehr wichtig war, die ganze Nacht über am selben Himmelsort, d. h. er nahm an der durch die Erddrehung allnächtlich bedingten scheinbaren Bewegung des Fixsternhimmels, seinem Stern getreu, teil, bewies aber grade damit, daß es sich um eine kosmische, von der Erde selbst unabhängige Erscheinung handle. Es blieb keine andere Deutung, als daß alle diese scheinbar am Firmament planlos zerstreuten Meteore thatsächlich alle aus ein und derselben, durch den Stern im Löwen gekennzeichneten Richtung gegen die Erde heransausten.

Einmal in diesen völlig korrekten Gedankengang eingetreten, hat man sehr bald dann ein hinlänglich plausibles Bild des Ganzen gewonnen, das die Periode selbst erklärt. Der Sternschnuppenschwarm, dem die Erde ihr November-Feuerwerk verdankt, umkreist die Sonne auf einer elliptischen Bahn, die allerdings im Gegensatz zu den Planetenbahnen enorm lang gestreckt ist und zwischen einer Sonnennähe von 20 Millionen Meilen und einer Sonnenferne von 394 Millionen schwankt, was einer Differenz so groß wie die von Erdabstand und Uranusabstand entspricht. Jedes einzelne Meteor innerhalb des Schwarms legt diese Bahn in etwa 33¼ Jahren zurück. Es scheint aber, daß diese Meteorteilchen vereinzelt sich über die ganze Bahnstrecke verteilen, also eine Art körperlichen Staubringes erzeugen, von dem die Erde bei der alljährlich eintretenden Kreuzung im November in den aufblitzenden Schnuppen ein sichtbares Zeichen erhält. An einer

bestimmten Stelle des Meteoritenringes nur muß sich eine außerordentlich dichte Wolke zusammengehäuft haben. Schneidet die Erde grade diese *Verdichtungsstelle* — was nur alle 33 Jahre ungefähr eintritt — so äußert sich der Zusammenstoß in jenen grandiosen Sternschnuppenregen. Die Thatsache, daß an *allen* Tagen des Jahres Schnuppen wenigstens in beschränkter Zahl gesehen werden, nötigt übrigens zur Annahme, daß außer



Die Bahnen von 83 Sternschnuppen am 13. November 1866.
(Vergl. Text S. 577.)

jenem Novemberring auch *ganz* vereinzelte Meteoriten beständig und allerorten die Sonne umkreisen. Auch giebt es außer dem Novemberring noch andere geschlossene Ringe, z. B. muß ein solcher in jedem August von der Erde durchkreuzt werden, da auch da eine (vom Novemberschwarm unabhängige) Vermehrung der Schnuppen eintritt.

Damit war die *Theorie der Sternschnuppen und ihrer Perioden* aufs beste klargestellt: — das Sonnensystem, bisher nur zusammengesetzt aus einem Centralkörper und ein paar hundert frei ihn umschwebenden Kugeln, erschien bereichert durch eine Unzahl kleinster Körperchen, die, bald

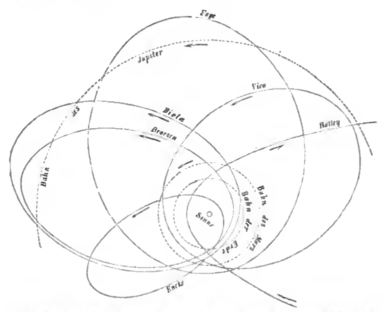
einzeln, bald lose gesellt zu riesigen Staubringen, bald endlich innerhalb solcher zu dicken Klumpen aufgestaut, ebenfalls die Sonne umflirrten. Der nächste Sternschnuppenfall, der von 1866, und ganz besonders ein unerwarteter im Jahre 1872 sollten es indessen nicht bei der bloßen Bestätigung bewenden lassen. Sie führten nochmals ein Riesenstück weiter, und zwar diesmal weit über die Meteoriten selbst hinaus in ein Gebiet, das von jeher zu den geheimnisvollsten der Astronomie gehört hat, — nämlich in das der Kometen.

Wenn heute das Wort „Astronomie" erklingt, so ist es das Bild des Kometen, das mit zuerst dem Laien auftaucht. Alles Wunderbare des Himmels verkörpert sich in ihm, aber auch alle Sicherheit vorgeschrittenen Wissens und wachsender Aufklärung. Tritt sein Lichtschweif zwischen die bekannten Sterne, so gedenkt auch der schlichteste Mann in unserer Kulturwelt bereits einer Wissenschaft, die von den Himmelsdingen zu sagen weiß. Was unsere Vorfahren jahrtausendelang gequält hat, was den Wilden im Urwald noch heute ein Schrecken ist, das begrüßt er mit behaglicher Neugier und schaut dabei nach dem Kuppeldach irgend einer nahen Sternwarte, wo sie das längst „vorhergesagt" und jeder gespenstischen Wirkung entkleidet haben. Das ist gewiß ein hoher Gewinn gegen die dunklen Tage, da im Kometen Gottes Hand den Untergang der Welt an den Himmel schrieb und der geknechtete Bauer auf seiner Scholle bebte, weil das greuliche Zeichen Krieg und Pestilenz verkünden sollte. Aber der Astronom, der solcher Gestalt ein Friedensapostel und Vertrauensmann der Armen und Einfältigen geworden, — er selbst muß sich hüten, daß es ihm nicht geht wie den Zeichendeutern des Altertums, die sich unter vier Augen nicht begegnen konnten ohne zu lächeln. Weiß er doch bis zur Stunde verzweifelt wenig über die wahre Natur der krausen Gesellen dort, die unverhofft in seine Tabellen springen wie der wilde Hai in das Netz der Mittelmeerfischer, die bloß dem braven, leicht zu behandelnden Thunfisch nachgestellt. Von der Naturgeschichte der Kometen reden, heißt in die offene See steuern auf schwankendem Kahn; keiner weiß, ob die Strömung, die ihn grade fortreißt, an sicheres Land führen wird oder in die graue Wasseröde.

Reisende Lichtwolken, so hat einst, in einer dem Aberglauben des Mittelalters noch fernen Zeit, Alexandrinische Gelehrtenweisheit die Kometen genannt. Der Ausdruck giebt in der That ein gutes Bild. Die Phantasie muß sich frei machen von der derben Planetenkugel. Sie muß zurückkehren zu dem Bilde des formlosen, als matter Himmelsdunst über weite Strecken sich ergießenden Nebelflecks, wie die Magellanischen Wolken es darstellen,

der Orionnebel, der weißliche Schein in der Adromeda. Aber sie muß das Ungeheure dort, das uns nur klein wird durch die enorme Entfernung, gleichzeitig zusammenschmelzen lassen zu einem wirklich ziemlich kleinen Dunstgebilde. Dieses Dunstgebilde muß sie ferner ausstatten mit einer gewaltig schnellen Bewegung, die in Beziehung zu unserer Sonne steht. Eine reisende Lichtwolke, — dort liegt der Ton. Wenn der Forscher im Teleskop zuerst ein solches Wölkchen ganz fern auftauchen sieht, so unterscheidet es sich von dem planetarischen Nebel (vergl. das Bild S. 293) nur erst durch diese Bewegung. Aber pfeilschnell kommt es, wenn die Dinge sich günstig für die Beobachtung gestalten, näher. Es wird größer, und das vielfach nicht bloß, weil es die Ringe unserer engeren Planetenläufe, ja die Erdbahn selber fortschwebend durchkreuzt, also räumlich immer mehr in seinen wahren Verhältnissen sich darstellt, sondern auch, weil mit wachsender Annäherung an die Sonne unerwartete, riesenhafte Formveränderungen sich an ihm vollziehen. Aus dem rundlichen Gebild, das vorher bloß im Innern einen hellen Kern zeigte, wallt der Lichtstoff auf einmal der Sonne entgegen. Doch nur ein kleines Stück weit. Dann biegt er, ganz oder nahezu, in umgekehrter Richtung ab und flieht als langer, strahlender Schweif von dem ursprünglichen Lichtfleck, der jetzt den Kopf bildet, von der Sonne weg. Rascher und rascher saust das ganze jetzt völlig fremdartige Ding dahin, schon streift es unter Umständen die äußeren Schichten der Sonnenatmosphäre. Da endlich erst findet seine Bahn ihren Scheitel und biegt endgiltig zurück, um den Sonnenball herum, wobei der Schweif wie ein ungeheurer Schatten, der aber in Verdrehung aller Verhältnisse hell bleibt, immer konstant mit herumschwingt und nach wie vor von der Sonne wegfließt. Und langsam geht jetzt das ganze Schauspiel zurück, wieder werden die Planetenbahnen geschnitten, bis endlich inmitten der ferneren das kosmische Ungetüm, von neuem zum blassen, runden Lichtwölkchen degradiert, sich endgiltig verliert. Ist aber das Schauspiel damit für immer vorbei? Der Astronom hat die Elemente der Bahn des geheimnisvollen Gastes aufgezeichnet. Jahre, vielleicht Jahrzehnte, Jahrhunderte vergehen. Da auf einmal kehrt auf derselben Linie der Wanderer wieder, und mit Staunen erkennt der Beobachter, daß er in ihm ein wirkliches Glied unseres Sonnensystems vor Augen hat, wenn auch ein ganz absonderliches, das keinem echten Planeten zu vergleichen ist. Nicht immer freilich geht es so. Schon das Stück der Bahn, das sich berechnen ließ, kann dem Mathematiker den Beweis liefern, daß eine Wiederkehr in dieser Bahn ewig ausgeschlossen ist, da es sich bei ihr nicht um eine Ellipse, sondern um eine jener ins Blaue ohne Wiederkehr sich verlierenden Linien, die sogenannten Parabeln und Hyperbeln, handelt. Hier ist der Fremdling also nur ein Gast aus dem All, den die Sonne zu einem flüchtigen Besuch fesseln konnte, ohne ihn dauernd zum Vasallen zu machen wie jene andern.

Fremdartig genug mutet das alles an. Eine Brücke scheint sich zwar dabei vom Sonnensystem hinüberzuschlagen zur Fixsternenwelt oder wenigstens den Fernen jener unermeßlichen Öde zwischen dem äußersten Planeten hier und der ersten Fixsternsonne dort. Aber sie verwirrt zunächst die Dinge mehr, als daß sie zu einer klaren Erweiterung des Gesamtbildes führte. Und je mehr man das Bild vorläufig spezialisiert, desto wunderbarer scheint es zu werden.



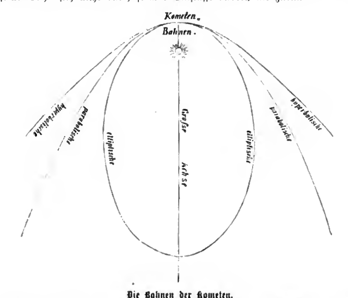
Die Bahnen von sechs periodischen (d. h. auf ihrer elliptischen Bahn immer wieder in die Sonnennähe zurückkehrenden) Kometen.

Bei den Bahnen der Kometen unterscheidet man drei verschiedene Arten. Zunächst giebt es etwa fünfzig, für die mit mehr oder minder viel Genauigkeit jene echte elliptische Bahn berechnet werden konnte, also eine periodische Wiederkehr zu erwarten steht. Wirklich wiedergekehrt sind bis jetzt nur ein paar, bei den übrigen ist entweder die Berechnung noch zu neu oder die Ellipse streckt sich so ungeheuerlich, daß erst nach Jahrtausenden eine Rückkehr stattfinden kann. Bei den wenigen periodischen Kometen, die eine Kontrolle erlaubt haben, hat sich zum Überfluß herausgestellt, daß unberechenbare Ursachen aller Art jede sichere Voraussage doch noch zu Schanden machen können. Der Biela'sche Komet hat den Rechnern

den Tort angethan, daß er seit Mitte der vierziger Jahre angefangen hat, sich in Stücke aufzulösen, bis er dann seit 1866 überhaupt ausgeblieben ist. Bei andern periodischen Kometen hat sich die Bahn infolge des Umstandes, daß diese ungefügen Seitenbummler nicht zwischen den Planetenbahnen ihre Ellipsen einhalten, sondern kreuz und quer die viel runderen Wege der Planeten durchschneiden, also auch in die vielfältigsten Störungsmöglichkeiten geraten, nachweislich verändert. Der Lexell'sche Komet hatte beispielsweise früher eine Periode von 48½ Jahren. 1767 hat ihn der Koloß Jupiter, dem er so nahe gekommen war, daß er mitten zwischen den Monden durchging, zu einer Umlaufszeit von nur 5½ Jahren genötigt, und 1779 ist ihm durch dieselbe höhere Instanz die Frist wieder auf 16 Jahre erhöht worden, bei welcher Gelegenheit ihm übrigens auch noch eine jenseits der Marsbahn geschlossene Ellipse aufgenötigt wurde, die ihn vorläufig unserer Beobachtung ganz entzog. Bei dem Encke'schen Kometen, der von allen bekannten sich durch die kleinste Umlaufszeit (etwas über drei Jahre) auszeichnet und ganz innerhalb der Jupiterbahn bleibt, hat sich eine andere, völlig rätselhafte Störung gezeigt, die sich in einer zunehmenden Verengung der Bahn und spiralförmigen Annäherung an die Sonne mit jedem Umlauf zu erkennen giebt. Olbers und Encke dachten daran, daß man aus diesem abnormen Vorgang eventuell direkt entnehmen könne, der Weltraum sei mit einem dünnen Stoff erfüllt, der auf alle Weltkörper als allmähliches Verzögerungsmittel (durch seinen Widerstand) Einfluß üben, bei einem so dünnen Materiewölkchen, wie es ein Komet zu sein schien, aber bereits derartig grobe Wirkung thun müsse. Die Hypothese gilt heute als aufgegeben, da sich an anderen Kometen niemals ähnliches gezeigt hat und die Rechnung selbst bei Encke nicht ganz regelmäßig blieb, womit natürlich umgekehrt nicht etwa der Beweis geliefert ist, daß der Weltraum keine widerstehenden Stoffe überhaupt enthalte.

Ungeheure Unterschiede der Bewegungsgeschwindigkeit bedingt (je nach ihrer Sonnennähe oder Sonnenferne) im Sinne des S. 148 dargelegten zweiten Kepler'schen Gesetzes die enorme Streckung der Ellipse bei der Mehrzahl dieser periodischen Kometen. Wenn der Komet von 1680, dessen Schweif dem bloßen Auge über den halben Himmel schleifte, nach Encke's Rechnung eine Umlaufszeit von 8800 Jahren braucht, um einmal um die Sonne zu schwingen, so ergiebt das eine Ellipse mit einer Sonnenferne von 17600 Millionen Meilen, dem 44fachen der Uranusentfernung, während auf der andern Seite, im sogenannten Perihel, der Komet bis auf 32 Tausend Meilen, also sehr viel näher als der Mond der Erde, der Sonne nahe kommt. Entsprechend schwankt die Geschwindigkeit in der Sekunde zwischen 53 Meilen (dem Dreizehnfachen der Erdschnelligkeit) und 10 Fuß, d. i., wie Humboldt treffend vergleicht, der halben Schnelligkeit nur, die für die Wasserbewegung im Cassaquiare, einem Arm des Orinocoflusses, konstatiert wurde.

Die zweite, nach der Bahn zu unterscheidende Gruppe der Kometen bewegt sich in sogenannten **Parabeln** (hierher gehört die Mehrzahl), eine dritte, sehr kleine, wahrscheinlich in **Hyperbeln**. Parabel wie Hyperbel sind Ausdrücke für bestimmte Arten gekrümmter Linien, die sich darin gleichen, daß sie sich nie wieder zusammenfinden. (Vergl. das Bild.) Ein Komet, der in solcher Bahn dahinfährt, besucht uns, kommt aber, falls seine Bahn sich nicht durch fremde Einflüsse ändert, nie zurück.



Die Bahnen der Kometen.
In der Mitte die elliptische · hier kehrt der Komet periodisch zur Sonne zurück. Bei den parabolischen und hyperbolischen Bahnen nähert er sich dagegen bloß einmal der Sonne und verliert sich dann wieder im Weltraum.

Von einer **Einheit der Bahnebene** kann im allgemeinen **keine Rede** sein, wie schon der alte Kant wußte, und ebenso giebt es neben rechtläufigen, d. h. den Planeten gleich von West nach Ost die Sonne umkreisenden Kometen **rückläufige**, die von Ost nach West gehen.

Handelte es sich um irgendwie schwere Massen, so müßte längst das ganze Planetensystem durch die Invasion dieser wahren Anarchisten der Sonnenwelt aus ihrer Bahn gesprengt sein. Aber mit dieser **Masse** ist es wieder ein eigen Ding. Jener Lexell'sche Komet, der die Bahnen der Jupitermonde so kühn durchquerte, nahm selbst seine Direktive vom Jupiter an, — aber die Monde, relativ doch so kleine Körperchen, rührten sich dabei nicht. Die Masse des Kometen mußte also eine gradezu verschwindend

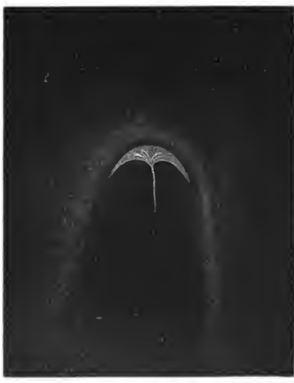
geringe sein. Derselbe Lexell'sche Schweifstern hat sich 1770 unserer Erde auf 300000 Meilen (das Sechsfache bloß der Entfernung des Mondes) genähert, aber nichts rückte und regte sich an der Bahn des Erdenballs. Und doch hätte, wenn diese Lichtwolke da oben nur die gleiche Masse mit eben dieser Erde gehabt hätte, unser eigener Planet eine Verschiebung seiner Jahreslänge um 2 Stunden und 53 Minuten erleben müssen. Der Komet bekam von der Erde aus zwei Tage Verlängerung: auf der Erde bäumte sich nicht einmal eine Flutwelle im Ozean auf. Sichere Rechnung ergab, daß die Masse des Kometen noch nicht ein Fünftausendstel der Erdmasse betragen haben könne.

Die „Wolkennatur" der Kometen ergiebt sich zur äußersten Evidenz, wenn man neben solche minimale Massenziffern die rein räumliche Ausdehnung gewisser Kometenteile, der sogenannten Schweife, in ziffermäßigen Angaben stellt. Der Schweif jenes vorhin erwähnten periodischen Kometen von 1680 war 25 Millionen Meilen lang, hätte also, wenn der Kopf des Kometen das Sonnencentrum berührte, noch ein gut Stück über die Erdbahn hinausragen müssen. 1811 ging ein Komet vor uns über, dessen Schwanz 30 Millionen Meilen nachschleifte, und der von 1843 war am 28. März noch ein Ende länger, so daß beinah die doppelte Entfernung der Erde von der Sonne in der realen, körperlichen Schwanzlänge zu stande kam.

Wie eine logisch fast notwendig erscheinende Ergänzung zu diesen Größenverhältnissen bei so geringer Masse nimmt es sich aus, wenn wir hören, daß die Materie, die den Kometen, zumal seinen Schweif bildet, bei genauer Beobachtung gelegentlich auch dem Auge so dünn sich darstellt, daß das Licht dahinter stehender Sterne ohne jegliche Ablenkung und ungeschwächt hindurchglänzt; das Detail der Erscheinung spricht stark dafür, daß der Kometenstoff nichts Einheitliches, jenen ganzen Raum von Millionen von Meilen kontinuierlich Erfüllendes ist, sondern sich eher zusammensetzt aus zahllosen Lichtpunkten mit Zwischenräumen, durch die eventuell selbst ein sehr kleiner Stern ungetrübt hindurchblinken kann.

Eine allgemein giltige Kometenform läßt sich, (wie aus dem letztgesagten, wenn es richtig ist, wiederum gradezu als Folgerung erwächst) überhaupt nicht aufstellen. Das Bild des sichelartig vom Kopfe abstehenden Schweifs, der weite Himmelsräume deckt, ist zwar dem Laien das geläufige und spukt gleichsam unter den offiziellen Wahrzeichen der Astronomie, aber es greift doch nur die zufällig auffälligste Gestalt aus vielen heraus. Vor allem deshalb kann von einem konstanten Typus keine Rede sein, weil, wie schon oben berührt wurde, die Kometen mit ihrer Annäherung an die Sonne, also grade in dem Teil ihrer Bahn, der uns zumeist allein sichtbar wird, ihre Gestalt in der phantastischsten Weise verändern. Wenn man von planetarischen, den runden planetarischen Nebelflecken fast vollkommen

gleichenden Kometen spricht und daneben von solchen mit Auswüchsen gegen die Sonne hin, mit enormen Schweifen von der Sonne weg, mit einem oder gar mit mehreren solcher Schweife, wenn man einfache oder doppelte, gleichsam ganz in zwei Stücke zerspaltene Kometen erwähnt, — so können das alles ebenso gut Phasen eines und desselben Kometen-Individuums sein, die sich bei ein und demselben elliptischen Umlauf oder doch ein paar aufeinander folgenden (oder entsprechend bei einer einzigen Annäherung der Parabelbahn) nacheinander dem erstaunten Beobachter dargeboten haben. Soll man dennoch eine wenigstens relative Grundform aussuchen, die wenigstens als Basis der Entwickelung für die übrigen, auch bei ein und demselben Individuum, gelten könnte, so ergiebt sich grade nicht jene konventionelle Streitaxtform mit dem verbreiterten Schweif hinter dem „Stern", sondern dieser Stern selbst liefert sie: der Kopf des Ganzen. Als „Kopf" mehr oder minder nur kommen diese kuriosen Wandergesellen vom Aphel ihrer langen Ellipse oder aus der Unendlichkeit ihrer offenen Parabelbahn in die Sonnennähe herübergereist, und zum Kopf schmelzen sie wieder ein, wenn die große Periheliumsglut überstanden ist und der eisige Weltraum sich abermals vor ihnen auseinanderthut.



Der Kopf des Kometen von 1861.

Man unterscheidet an diesem Kopf zwei Teile: den Kern und die ihn umschließende Nebelhülle. Der Kern erscheint im allgemeinen als relativ sehr kleiner, heller, leuchtender Körper, den die Hülle, der eigentlich charakteristische Teil des Kopfes, in parabolischer Gestalt umschließt (vergl. das Bild S. 585). Nach Julian Schmidts Beobachtungen verkleinert sich der Durchmesser des ganzen Kopfes mit der Annäherung an die Sonne. Da zur gleichen Zeit der Schweif immer länger aus ihm herauswächst, so ist es gradezu, als fließe die vorher zu rundem Gebild geballte Materie jetzt nach hinten ab und bringe dadurch den ursprünglichen Ballon zum Schrumpfen. Aber diese regelmäßige Metamorphose ist nur der Anfang einer Reihe ebenso gewaltsamer wie scheinbar gesetzloser weiterer Phänomene des sonnennahen Kometenkopfes. Es finden vom Kern aus intensive Lichtwallungen gegen die Sonne und dann abbiegend wieder von dieser fort statt. Der Halley'sche Komet, berühmt außer seiner Größe durch die Thatsache, daß er der erste war, dessen periodische Wiederkehr seit Christi Geburt bis auf unsere Tage berechnet werden konnte (er braucht je 75 bis 76 Jahre; das nächste Mal sichtbar wird er uns im Jahre 1910), machte bei seinem letzten Erscheinen 1835 Bessel auf diese seltsamen Vorgänge aufmerksam. Am 2. Oktober sah der scharfe Beobachter Lichtmaterie des Kerns gegen die Sonne an durch den matten Nebelmantel vorquellen. Am 8. Oktober hatte sie sich verstärkt, aber gleichzeitig ihre Richtung geändert. Nach und nach bildeten Ausströmungen ein Lichtbüschel, dessen Strahlen sich so rückwärts krümmten, daß sie im Schweif wieder zusammenzufließen schienen. Wie eine brennende Rakete, deren Schweif der Zugwind ablenkt, beschreibt Bessel den Anblick. Die Bewegungen vollzogen sich dabei außerordentlich rasch. Ihr Abschluß blieb leider durch Ungunst der Witterung unbeobachtet. Der Donati'sche Komet von 1858, der, falls die Asten'sche Berechnung richtig ist, das letzte Mal unter der Regierung des Augustus 22 Jahre vor Christi Geburt an unserem Himmel geleuchtet haben muß, zeigte ähnliche wunderbare Lichtablösungen in Gestalt leuchtender Bogen, die sich wie konzentrische Hohlkugeln von der Hauptmasse des Kopfes abhoben, — nach Schmidt mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 1600 bis 2000 m und einem Erscheinungsrhythmus von je 4 bis 6 Stunden. Bei dem Kometen von 1862 schwankte die Helligkeit des Kerns in solchem festen Rhythmus von nicht ganz drei Tagen, — je größer die Ausströmung, desto matter wurde jedesmal das Licht im Kern und umgekehrt. Die Geschwindigkeit, mit der die Lichtmaterie fächerförmig sich gegen die Sonne hin erhob, betrug diesmal (wieder nach Schmidt) 480 m pro Sekunde. Ein anderer Beobachter, Winnecke, glaubte sicher zu sehen, daß jedesmal die Reaktion der ausströmenden Materie dem Kern eine bestimmte Drehung gab, die sogleich beim Auftreten einer neuen Ausströmung in etwas anderer Richtung wieder Änderungen erfuhr.

Wunderliche Feuerwerke offenbar, die die Sonne hier in Bewegung setzt, — geheimnisvolle Schwärmer, die sie aufpuffen läßt, deren Lichtarme sie aber abwechselnd bald so, bald so hin und her wirft, — unter Anwendung von Kräften, die (vor allem, wenn man den ganz abgewandten Schweif noch mit hinzuzieht) direkt jedenfalls nichts mehr mit der Gravitation, die die Kometenbahn beherrscht, zu thun haben. Wo Anziehung und Abstoßung ohne sichtbare Beziehung auf Masse und Schwung auftreten und im regen Spiel rasch abwechselnd sich offenbaren, da drängt sich als nächstes nicht mehr die Gravitation, sondern das große Bereich der elektrischen Erscheinungen auf, — allerdings für jedwede kosmische Hypothese vorerst ein so dunkles Wunderland, daß man eigentlich noch kaum von „elektrischen Hypothesen" überhaupt sprechen kann. Nehmen wir einstweilen im vagsten Umriß einmal bloß an, daß die Sonnenwärme in irgend einer Weise in Teilen des herannahenden Kometenkopfs (der ja anfangs den ganzen Kometen darstellt) elektrische Abstoßungskräfte entwickelt, die größere Massen des Kernstoffs nach einer der Sonne entgegengesetzten Seite fortwirbeln, — so entsteht wenigstens der erste Schatten einer Erklärung der gröbsten Erscheinung: des sonnenabgekehrten Kometenschweifs. Wie in jenen Detailwundern, die oben besprochen sind, die von verschiedenen Elektricitätsarten hin und hergezerrten Kopfteilchen der Sonnenseite auf- und abpendeln mögen, das mag man sich dann vorerst ganz beliebig ausmalen. Eine sehr große Schwierigkeit scheint für die elektrische Abstoßungstheorie bei den Schweifteilen auf den ersten Blick allerdings zu erwachsen, wenn man die Thatsache berücksichtigt, daß wiederholt Kometen mit mehreren Schwänzen aufgetreten sind, die keineswegs einander parallel von der Sonne abgestoßen wurden. Die Theorie würde ohne weiteres verlangen, daß gleichartige Teilchen der Kopfmaterie, durch die Sonne abgestoßen, eine hyperbolische Bahn beschrieben, in deren einem, nach der gewölbten Seite der Bahn liegenden Brennpunkt die Sonne stände,*) womit bei gleicher Reaktion aller Teilchen auf die Abstoßungskraft stets nur ein einfacher Schweif zu stande käme. Dieser eine Schweif könnte allerdings je nach der Stärke der abstoßenden Sonnenkraft in ihrem Kampfe mit der gleichzeitigen Gravitation ein sehr verschiedenartiges Ansehen erhalten. Bredichin in Moskau hat hierüber außerordentlich interessante Studien angestellt und alle vorhandenen einfachen Schweife in der That zu drei Gruppen gesondert, die der jeweiligen Wucht der Repulsion entsprechen. Je stärker diese Wucht, desto mehr nähern sich einander die Bahnen der abgestoßenen Körperchen, und es entsteht der Typus des ganz

*) Vergleiche: „Über Kometen und Sternschnuppen", Vortrag, gehalten in der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft in Königsberg von Professor C. F. W. Peters, Direktor der Sternwarte daselbst. Abgedruckt in der Zeitschrift „Himmel und Erde" Bd. II S. 318 ff.

langen und sehr schmalen Schweifs. Ist die Kraft geringer, so kommt es nur zu den breiteren, federartigen, zuletzt den ganz breiten, kurzen Schweifen. In seltenen Fällen mag sogar die Gravitation gegen die Sonne hin insofern den Sieg über die Abstoßung davontragen, daß sie den Schweif nach der Sonnenseite herüber zieht. Das ist in sich durchaus klar und ansprechend. Wie aber soll man sich nun die Sachlage ausmalen vor dem unanzweifelbaren Schauspiel eines Kometen, der mehrere Schweife der verschiedensten Richtung entwickelt? Der Komet von 1744 hatte in der Nacht vom 7. zum 8. März sechs Schweife, jeder durchschnittlich 4 Grad breit und 30 bis 45 Grad lang; die Basen aller zusammen nahmen auf der von der Sonne abstehenden Kopfseite einen Raum von 60 Grad ein. Der Komet vom Januar 1824 besaß zwei Schweife, die miteinander einen Winkel von 160 Grad bildeten. Die Beispiele lassen sich aus neuerer Zeit leicht vermehren und stellen das Faktum außer Frage. Aber auch für das Wie? ist schon seit Zöllners Zeit eine bisher nicht widerlegte Möglichkeit gegeben. Man könnte sich denken, daß bei einem Kometen mit mehrfachem Schweif der Kopf ursprünglich nicht aus einem und demselben Stoffe zusammengesetzt gewesen sei, sondern in sich Teilchen verschiedener Art, die auf die elektrische Abstoßungskraft verschieden reagierten, beherbergt habe. In die Sonnennähe gebracht, muß ein solcher Kometenkopf dann notwendig mehrere Schweife entwickeln, jeder aus besonderem Stoff gebildet und dessen Fähigkeiten unterthan.



Der Komet vom Jahre 1744.
Der Komet zeigte in der Nacht vom 7. zum 8. März wenigstens sechs deutlich getrennte Schweife.

Der Gedankengang ist deshalb doppelt wertvoll, weil er zugleich eine Möglichkeit zeigt, rein aus der Form des Kometen etwas über die Natur der in ihm befindlichen Stoffe zu erraten. Wenn man mit Zöllner annimmt, daß die Abstoßungskräfte im umgekehrten Verhältnis zu den Atomgewichten der in den Kometen enthaltenen Stoffe stehen, so ließe sich aus den bestimmten Unterschieden der Schweife auf bestimmte

Unterschiede des Atomgewichts und damit direkt auf die Anwesenheit bestimmter, in ihrem Atomgewicht bekannter Stoffe schließen. Nun hat Bredichin die Unterschiede der Schweife entsprechend den drei Typen der ganz langen, der kurzen und der der Sonne zugewandten bei gleicher Sonnennähe in allen drei Fällen durch die Verhältniszahlen 11 und 1,3 und 0,2 ausgedrückt. Darin entspricht der Sprung von 11 auf 1,3 aber thatsächlich dem Verhältnis des spezifischen Gewichtes von Wasserstoff und Kohlenwasserstoff. Die Kometen mit einfachem, sehr langem und dünnem Schweif würden also Wasserstoff in überwiegendem Maße enthalten, die mit kürzerem und breiterem dagegen Kohlenwasserstoff, und ein Komet, der beide Sorten Schwänze erzeugt, müßte beide Substanzen in sich führen, von denen jede in der Sonnennähe sich ihren eigenen Schwanz schafft.

Der Barnard-Hartwig'sche Komet.
Nach einer Photographie der Gebrüder von Gothard in Herény.
Man gewahrt deutlich mehrere Schweife.

Die letzte Betrachtung hat uns bereits mitten ins Gebiet der interessantesten aller Kometenfragen geführt: der nach der Natur ihrer stofflichen Zusammensetzung. Alte Erfahrung drängt uns, hier unsern Blick wieder einmal dem kosmischen Universalmittel des Forschers: der Spektralanalyse, als wichtigster Instanz zuzuwenden. In der That giebt diese nicht nur höchst wertvolle, direkte Aufschlüsse, sondern sie bestätigt auch in eigenartiger Weise sowohl die allgemeine elektrische Hypothese,

wie auch jene spezielle, auf das Atomgewicht gebaute Folgerung wenigstens hinsichtlich des Kohlenwasserstoffs.

Die erste spektralanalytische Zerlegung des Kometenlichts gelang 1864 Donati. Sie wies drei helle Bänder auf kontinuierlichem Grunde, womit bewiesen war, daß wenigstens ein Teil des Kometenlichtes nicht reflektiertes Sonnenlicht, sondern Produkt eines wirklichen, lichterzeugenden Prozesses im Kometen selbst sei, und zwar ausgehend von glühenden Gasen. Gleich die erste Vermutung über den leuchtenden Stoff, dem die individuellen Kometenlinien angehören könnten, riet auf Kohlenwasserstoff. Und zwar ist, wie Scheiner sich ausdrückte, „diese Deutung der Kometenspektral-



Der Donati'sche Komet
am 8. Oktober 1858.

bänder seltsamerweise bereits zu einer Zeit erfolgt, als die Beobachtungen noch keineswegs zu einem strengen Beweise hierfür geeignet waren, ja sogar bei genauerer Betrachtung gegen die Identität des Kohlenwasserstoffes sprachen". In der Folge glückte der Nachweis, daß das wesentlichste und regelmäßigste Leuchtmaterial der Kometen allen Ernstes Kohlenwasserstoff (der Leser mag, um sich eine Kohlenwasserstoff-Verbindung zu vergegenwärtigen, etwa an unser Petroleum oder Benzin denken, das Spektrum ist überall das gleiche!) sei, wirklich in ausreichendstem Maße. Gewisse letzte Differenzen zwischen den Kometenlinien und denen des Kohlenwasserstoffs sind insbesondere von Vogel durch Experimente durchweg in Einklang mit dieser Annahme gesetzt worden, — Experimente übrigens, die gleichzeitig so wertvolle, für unsere spätere Überleitung von den Kometen zur Theorie der Meteoriten wichtige Thatsachen ans Licht befördert haben, daß eine eingehendere Darlegung in Scheiners präziser Zusammenfassung geboten scheint. „Es ist eine bekannte Thatsache, daß die auf unsere

Erde herniederfallenden Meteorsteine sehr wechselnde Mengen verschiedener Gase enthalten, die beim Erhitzen der Meteore frei werden; auch sind schon mehrfach Analysen dieser Gase angestellt worden. Bei dem engen Zusammenhange zwischen Meteoren und Kometen war der Gedanke, daß die Meteorsteine die Gase der Kometen eingeschlossen enthielten, naheliegend, und Vogel hat die Spektra der aus den Meteoren entweichenden Gase unter der Voraussetzung untersucht, daß, falls die Modifikationen der Kometenspektra gegen die Kohlenwasserstoffspektra von einer Beimengung anderer Gase herrühren sollten, das aus den Meteorsteinen stammende Gasgemisch ein dem Kometenspektrum ähnliches Spektrum erzeugen müsse. Zu dem Zwecke verwandte Vogel Geißler'sche Röhren, in welchen sich Bruchstücke von metallischen und erdigen Meteoren befanden — ein wesentlicher Unterschied beider Meteoriten hat sich in betreff dieser Untersuchungen nicht herausgestellt. Bei Erhitzung des seitlichen Rohrteils, in welchem sich die Meteorsteine befanden, wurden die in denselben eingeschlossenen Gase frei und konnten nun beim Durchgange des Induktionsfunkens spektroskopisch untersucht werden. Unter Anwendung eines kleinen Induktors trat besonders deutlich das Kohlenoxydspektrum hervor, in welchem außerdem die Bänder des Kohlenwasserstoffspektrums ganz schwach zu erkennen waren; nur bei stärkerer Erhitzung der Meteorsteine trat das Kohlenwasserstoffspektrum etwas deutlicher auf. Bei Verwendung eines großen Induktors und Einschaltung einer Leydener Flasche verblieb im weiten Teile der Röhre das Kohlenoxydspektrum das vorherrschende, das Spektrum des engen Teils der Röhre wurde aber sehr verändert. Es erschienen nämlich die drei Kohlenwasserstoffbänder in gelb, grün und blau, nur war bei dem gelben Bande das Intensitätsmaximum nicht mehr an der scharfen Kante, sondern mehr in der Mitte, nach dem Blau zu. Das Band im Grün zeigte einen schwachen Ansatz nach dem Rot hin und bei dem blauen Streifen lag das Intensitätsmaximum fast in der Mitte. Die beiden übrigen Bänder des Kohlenwasserstoffspektrums im Rot und Violett waren auffallend schwach. Das Spektrum war demnach dasjenige der Kohlenwasserstoffe, aber modifiziert durch dasjenige des Kohlenoxydes, jedoch so mit dem letzteren vereinigt, daß es unmöglich schien, beide Spektra noch getrennt zu erkennen. Es ist nach Vogel kein Zweifel, daß dieses Spektrum sehr viel besser mit dem der Kometen übereinstimmt, als das reine Kohlenwasserstoffspektrum, besonders wenn man sich dasselbe auf die gewöhnliche Lichtschwäche eines Kometenspektrums reduziert denkt. Es gelang auch, durch direkte Hintereinanderschaltung der beiden glühenden Gase ein ganz ähnliches Spektrum zu erzeugen, indem hinter einer ein kräftiges Kohlenwasserstoffspektrum gebenden Bunsenflamme der weite Teil einer Kohlenoxydröhre angebracht wurde; bei Betrachtung aus einiger Entfernung erschien die Kombination beider Spektra in ähnlicher Weise, wie bei den aus den Meteoren ausge-

triebenen Gasen, was auch durch direkte Messung der Intensitätsmaxima bestätigt wurde. Hiernach kommt Vogel zu dem Schlusse, daß das Spektrum der Kometen zusammengesetzt ist aus dem Spektrum der Kohlenwasserstoffe und dem des Kohlenoxyds, jedoch so, daß das Kohlenwasserstoffspektrum stets prävaliert und das Kohlenoxydspektrum nur etwas modifizierend auf das erstere einwirkt."

Andere Versuche (von Hasselberg) haben gezeigt, daß niedrige Temperatur des Kohlenwasserstoffs bei disruptiven elektrischen Entladungen allein schon eine Kometenähnlichkeit des Spektrums begünstigt — in den wirklichen Kometen mögen beide Faktoren — Beimengung von Kohlenoxyd im Sinne der Vogel'schen Experimente und niedrige Temperatur — abwechselnd ihre Rolle spielen.

Wie ungemein verschieden die Kometen-Individuen hinsichtlich ihrer Gasbestandteile im einzelnen noch sein dürften, das weiß man seit 1882 zu würdigen. Der am 17. März dieses Jahres von Wells entdeckte Komet wies dem Beobachter Vogel am 31. Mai im Spektrum von Kern und Umgegend ganz unerwartet eine helle gelbe Linie. Es war, wie schon am ersten Abend zweifellos festgestellt wurde, die von unserem Kochsalz her allgemein bekannte Linie verdampfenden Natriums. Die Intensität war so stark, daß bei weitem Öffnen des Spektroskopspaltes der ganze Kometenkopf in richtiger Gestalt im Natriumlichte sich ausprägte, gleich jenen Sonnenprotuberanzen in ihren roten Wasserstofflinien (vergl. S. 410 Anmerkung). Dem bloßen Auge erschien der ganze Kometenkern um diese Zeit sehr deutlich gelb. Das Merkwürdige war nebenbei noch, daß während der Dauer des Natriumglanzes die Streifen des Kohlenwasserstoffs, die sonst auch hier nicht fehlten, nahezu ausgelöscht schienen. Es lieferte das nochmals den sichersten Beweis, daß das selbständige Leuchten der Kometen elektrischen Entladungen, und zwar innerhalb dieser nicht sogenannten Glimmlicht-Erscheinungen, sondern disruptiven Entladungen seinen Ursprung verdankt. „Es geht dies daraus hervor, daß während der Anwesenheit der Natriumlinie das Kohlenwasserstoffspektrum sehr zurücktrat, eine Erscheinung, die wesentlich nur dann zu bemerken ist, wenn ein elektrisches Glühen der Gase stattfindet. Fügt man z. B. einer Bunsenflamme, die ein sehr schönes Kohlenwasserstoffspektrum giebt, Natriumdampf bei, so erleidet hierdurch das Kohlenwasserstoffspektrum nicht die geringste Einbuße, vielmehr erscheint das Spektrum desselben in derselben Stärke wie vorher, und die Natriumlinie ist nur neu hinzugekommen. Ganz anders ist aber das Verhalten, wenn Kohlenwasserstoffe durch elektrische Entladungen zum Leuchten gebracht werden. Bereits E. Wiedemann hat gefunden, daß, wenn in einer mit Stickstoff oder Wasserstoff gefüllten Röhre Quecksilber oder Natrium erhitzt wurde, während der elektrische

Entladungsstrom durch die Röhre geführt wurde, die zuerst sichtbaren Spektra der Gase denjenigen der Metalle Platz machten, indem die letzten allein die Überführung des Stromes übernahmen. Hasselberg hat ähnliche Versuche wiederholt, und zwar auch mit Kohlenwasserstoffen und Kohlenoxydgemengen, wobei in der Röhre seitlich etwas metallisches Natrium eingeführt war, welches erhitzt werden konnte. Bei stark disruptiven Entladungen innerhalb der Röhre, die durch Einschalten einer Leydener Flasche und einer Funkenstrecke erhalten werden, nimmt beim Erhitzen des Natriums das Spektrum des Kohlenwasserstoffes sehr an Intensität ab, gelangt aber nicht zum vollständigen Verschwinden. Wurde dagegen die Funkenstrecke ausgeschaltet, so verschwand das Kohlenwasserstoffspektrum vollständig. Beim Durchgange des einfachen Stromes entstand, wie bekannt, überhaupt nur das Kohlenoxydspektrum, welches beim Auftreten der Natriumdämpfe sofort verschwand.



Der Kopf des Donati'schen Kometen
im Fernrohr gesehen.

Wenn mit der Erhitzung des Natriums nachgelassen wurde, wiederholten sich die Erscheinungen in der umgekehrten Reihenfolge." (Scheiner.)

Eine bessere Analogie zu dem Vorgang auf einem Kometen, dessen Natriumbestandteile im Stadium höchster Sonnennähe, wo die Wahrscheinlichkeit auch für elektrische Entladungen am höchsten ist, sich plötzlich im Spektrum bemerkbar machen unter gleichzeitigem Abblassen des Kohlenwasserstoffspektrums, ist nicht wohl denkbar. Der Zufall — oder soll man

einen Zusammenhang darin suchen? — hat es gewollt, daß grade im Jahre 1882 noch ein zweiter Natriumkomet (im September) sich der Sonne näherte: auch bei ihm flammte das Natriumgelb in Sonnennähe auf und verblaßte umgekehrt unter Anwachsen der Stärke der Kohlenwasserstofflinien mit erneuter Entfernung von dem Centrum unseres Systems. Einmal, am Morgen des 18. September, dicht nach der größten Annäherung an die Sonne, blitzten aber bei diesem Kometen auch die stärksten Streifen des Eisenspektrums auf: die ungeheure Hitze des Sonnenofens, dem der Komet bis auf wenige tausend Meilen nahe gekommen, hatte offenbar auch dieses im Kometenkopf vorhandene Metall zu Dampf verflüchtigt und uns so seine Anwesenheit unter den möglichen Bestandteilen der Kometen verraten.

Außer den hellen Gaslinien, die wir bisher betrachtet haben, zeigt jeder Komet als Grundstock gleichsam (ähnlich wie die Sonnencorona) ein kontinuierliches Spektrum. Ein Teil desselben rührt — auch das genau wie bei der Corona — lediglich von reflektiertem Sonnenlicht her, zeigt also dessen Fraunhofer'sche Linien und verrät im Kometen an sich dunkle, erst von fremdem Licht erhellte Stoffteilchen. Aber das erschöpft die wahren Phänomene lange nicht: es giebt unanzweifelbar, zum wenigsten periodisch, eigene Lichtquellen in Kometen auch für ein kontinuierliches Spektrum. „Die mit einem Zöllner'schen Photometer von G. Müller in Potsdam angestellten Helligkeitsmessungen beim Wells'schen Kometen zeigen auf das deutlichste, daß von Anfang Mai an die Helligkeit des Kometen zuerst langsam, später immer stärker von der berechneten in dem Sinne abwich, daß sie größer war, als sie hätte sein dürfen, wenn der Komet nur reflektiertes Licht uns zugesandt hätte. Im wesentlichen fällt dies mit der Zeit zusammen, in der sich die Natriumlinie im Spektrum des Kometen entwickelte, und die photometrischen Beobachtungen geben also eine vorzügliche Bestätigung des spektroskopischen, aber sie können für den vorliegenden Fall nichts Neues lehren. Von um so größerer Wichtigkeit ist dagegen die Beobachtung eines plötzlichen Lichtausbruchs, dem der Komet 1884 I am 1. Januar 1884 unterworfen war. Ende September 1883 hatte dieser Komet bereits schon einmal eine beträchtliche plötzliche Zunahme der Helligkeit gezeigt; am 1. Januar beobachtete Müller den Kometen photometrisch, als eine rapide Zunahme der Helligkeit erfolgte, die innerhalb weniger Stunden sich abspielte und etwa 1:3 Größenklassen betrug. Das Aussehen des Kometenkopfes hatte sich hierbei wesentlich geändert, und es müssen außerordentliche Umwälzungen stattgefunden haben, da an Stelle des feinen Lichtpünktchens, als welches vorher der Kern des Kometen erschien, nunmehr eine Scheibe von mehreren Sekunden Durchmesser zu sehen war. Die gleichzeitigen Spektralbeobachtungen von Vogel ergaben nun, daß während dieses Ausbruches sich die Intensitätsverhältnisse innerhalb der

Kohlenwasserstoffbänder verändert hatten und daß das kontinuierliche Spektrum des Kerns ganz auffallend hell erschien gegenüber den Kohlenwasserstoffbändern, deren absolute Helligkeit nicht vermehrt war. Aus der Veränderung der relativen Helligkeit der drei Bänder geht hervor, daß zur Zeit des Ausbruchs eine beträchtliche Temperaturerhöhung stattgefunden hat, und gleichzeitig hat hierbei der Komet selbständig weißes Licht ausgesendet. Auch bei dem Kometen 1888 I sind plötzliche Lichtausbrüche beobachtet worden, es liegen uns leider keine gleichzeitigen Spektralbeobachtungen vor. Einige vor die Zeit der Lichtausbrüche fallende spektroskopische Beobachtungen in Greenwich von diesem Kometen deuten darauf hin, daß bei demselben das kontinuierliche Spektrum verhältnismäßig hell gegenüber dem Kohlenwasserstoffspektrum war; dies wird aber wohl immer



Winnecke's Komet von 1868.

der Fall sein, wenn ein Komet noch weit von der Sonne entfernt ist. Da indessen die Resultate bei dem Kometen 1884 I keinen Zweifel darüber lassen können, daß hier ein Teil des kontinuierlichen Spektrums von dem eigenen Lichte des Kometen herrührte, so ist noch die Frage zu beantworten, wie man sich die Entstehung desselben zu denken hat. Ein thatsächliches Glühen fester oder flüssiger Teile ist wohl von vornherein ausgeschlossen, da sonst die vielfachen Veränderungen, die an Kometenkernen beobachtet worden sind, nicht zu erklären wären. Eine solche Gasdichte im inneren des Kometenkernes vorauszusetzen, daß hierdurch ein kontinuierliches Spektrum entstehen könnte, ist wegen des gleichzeitigen Auftretens der Bänder des Kohlenwasserstoffes wohl ebenfalls auszuschließen. Es ist vielmehr nach einer Erklärung zu suchen, die mit den anderen Erscheinungen von Kometen in Einklang steht, und eine solche ist von Hasselberg gefunden worden. Wenn der elektrische Funke in einem Gemische von Kohlenwasserstoff mit Sauerstoff bei Atmosphärendruck überschlägt, so besteht die Entladung hauptsächlich in einer intensiven, goldgelben, flackernden Lichthülle, die ein

vollständig kontinuierliches Spektrum giebt. Die Gegenwart des Sauerstoffes ist für das Hervortreten dieser Erscheinung maßgebend, und da gleichzeitig stets mehr oder weniger Ruß ausgeschieden wird, so liegt die Vermutung nahe, den ganzen Vorgang mit einer unvollständigen Verbrennung in Vergleich zu stellen, indem durch den Strom die Kohlenwasserstoffe dissociiert werden, wobei die in fester Form ausgefüllten und in feinster Verteilung glühenden Kohlenstoffteilchen das kontinuierliche Spektrum geben. Da nun die selbständigen kometarischen Lichterscheinungen ohne Zweifel elektrischen Wirkungen zugeschrieben werden müssen und es sowohl in der Natur der Sache begründet, als durch die Beobachtungen bestätigt ist, daß die Dichtigkeit der dem Kerne entströmenden Dämpfe in seiner unmittelbaren Nähe ihren größten Wert hat, so scheint es, wenigstens bei größeren Kometen, nicht unwahrscheinlich, solche mäßigen Dichtigkeitsverhältnisse vorauszusetzen, daß Entladungen der dem erwähnten Versuche entsprechenden Art stattfinden können. Hasselberg bemerkt noch hierzu, daß das bei stärkeren Vergrößerungen oft bemerkte, unruhige Pulsieren und granulierte Aussehen des Kernes in der flackernden und unstetigen Natur des Funkens ein entsprechendes Gegenstück habe. Die früher schon mehrfach beobachtete gelbliche Färbung der größeren Kometenkerne könnte ebenfalls hiermit als in Übereinstimmung betrachtet werden, falls man dieselbe nicht dem Natriumlichte zuschreiben will, welches bei früheren großen Kometenerscheinungen gewiß auch schon aufgetreten ist, ohne seinem Wesen nach erkannt werden zu können.“ (Scheiner.)

Also im wesentlichen auch hier, wenn die Erklärung recht hat, elektrische Ursachen.

Die Ausbeute aus dem Felde der Spektralanalyse schließt damit ab. Kein Zweifel: sie ist reich genug und alles Sichere, was wir von der wahren Kometennatur wissen, danken wir ihr. Leichter wird es uns nach diesem werden, jetzt eine eigentümliche Kette von Erscheinungen zu würdigen, die uns ebenso unversehens wieder aus dem Spezialgebiet der Kometen hinausführen werden, einer mächtigen kosmischen Perspektive zu, wie wir oben aus der Betrachtung der Meteoritenwelt in jene hineingeraten sind.

Der Leser möge zunächst einem kurzen Ideengange folgen, der sich eng an das anschließt, was wir im voraufgehenden über die Kräfte, deren Spiel die dünne, mehr oder minder formlose Kometenmasse ist, ermittelt haben.

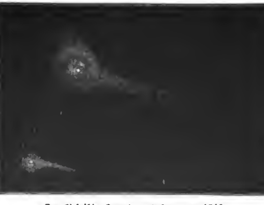
Es läßt sich nicht gut ableugnen, daß alles auf der Bahn des Kometen zwischen Planeten und Sonne gleichsam sich verschworen hat, ihn auseinanderzureißen. Tolle elektrische Repulsivkräfte, von denen wir bei unserer soliden Erde nichts wissen, wirbeln seine Materie zu langen Schwänzen dahin, und es müßte mit Wundern zugehen, wenn bei so enormer Zerstreuung nicht wenigstens der periodische Komet bei jeder Wiederkehr zur

Sonne ein ordentlich Stück Stoffteilchen im weiten Raum verpulvern sollte. Ähnliche Wirkungen wird aber auch daneben die reine Gravitation erzielen, die, wie der Mond unsere irdischen Meere von uns fortzuziehen versucht und wenigstens als „Flut“ emporreißt, immerzu bestrebt sein muß, die leichteren Kometenteile von der Hauptmasse abzureißen, — sei es nun die Gravitation gegen die riesige Sonne hin, sei es die nach dieser oder jener nahe vorbeischwebenden Planetenkugel. Dauert dieses Reißen und Zerren bei einem gut periodischen Kometen einmal eine rechte Weile fort, so ist es nur eine Notwendigkeit, wenn sich nach und nach seine ganze Bahn mehr oder minder mit „verlorenen“, zurückgebliebenen Kometenteilchen füllt, die allmählich eine förmliche Art „Stoffring“ aus der ursprünglichen idealen „Kometenbahn“ machen. Zum Schluß aber dürfte wohl gar der ganze Komet sich gleichsam in diesen Nachzügler-Ring „ausladen“, zumal wenn besondere innere Revolutionen das noch unterstützen. Als eigentlicher Körper würde er damit zweifellos für unsere irdische Beobachtung verloren gehen.

Hier ist der Ort, wo nun zunächst eine sehr brauchbare Thatsache, ein Ereignis, das die Astronomen direkt beobachten durften, sich als Illustration einstellt. Es handelt sich um die oben schon einmal flüchtig berührte Leidensgeschichte des sogenannten Biela'schen Doppelkometen, der allen Ernstes vor unsern Augen sich in Trümmer auflöste und endlich grade so verschwand, wie die Theorie es fordert.

Der Biela'sche Komet ist 1772 von Montagne zuerst beobachtet worden. 1805 sah ihn Pons, ohne die Periodicität zu erkennen. Am 27. Februar 1826 fand ihn endlich Biela wieder und berechnete eine Umlaufszeit von etwas über 6½ Jahren. Der Komet war eine Nebelmasse ohne Schweif. So weit lag durchaus nichts Bemerkenswertes vor. Hören wir Alexander von Humboldt als klassischen Zeugen für das Nächstfolgende. 1850 schreibt er im dritten Bande seines Kosmos: „Seit dem Erscheinen des astronomischen Teils meines Naturgemäldes hat die Kometenwelt ein Ereignis dargeboten, dessen bloße Möglichkeit man wohl vorher kaum geahnt hatte. Der Biela'sche Komet, ein innerer, von kurzer, 6¾jähriger Umlaufszeit, hat sich in zwei Kometen von ähnlicher Gestalt, doch ungleicher Dimension, beide mit Kopf und Schweif, geteilt. Sie haben sich, solange man sie beobachten konnte, nicht wieder vereinigt und sind gesondert fast parallel miteinander fortgeschritten. Am 19. Dezember 1845 hatte Hind in dem ungeteilten Kometen schon eine Art Protuberanz gegen Norden bemerkt; aber am 21. war noch (nach Encke's Beobachtung in Berlin) von einer Trennung nichts zu sehen. Die schon erfolgte Trennung wurde in Nordamerika zuerst am 29. Dezember 1845, in Europa erst um die Mitte und das Ende Januar 1846 erkannt. Der neue, kleinere Komet ging nördlich voran. Der Abstand beider war anfangs 3, später (20. Februar) nach Otto Struve's interessanter Zeichnung 6 Minuten.

Die Lichtstärke wechselte: so daß der allmählich wachsende Neben-Komet eine Zeit lang den Haupt-Kometen an Lichtstärke übertraf. Die Nebelhüllen, welche jeden der Kerne umgaben, hatten keine bestimmten Umrisse: die des größeren Kometen zeigte sogar gegen SSW eine lichtschwache Anschwellung; aber der Himmelsraum zwischen den beiden Kometen wurde in Pulkowa ganz nebelfrei gesehen. Einige Tage später hat Lieutenant Maury in Washington in einem neunzölligen Münchener Refraktor Strahlen bemerkt, welche der größere, ältere Komet dem kleineren, neuen, zusandte, so daß wie eine brückenartige Verbindung eine Zeit lang entstand. Am 24. März war der kleinere Komet wegen zunehmender Lichtschwäche kaum noch zu erkennen. Man sah nur noch den größeren bis zum 16. bis 20. April, wo dann auch dieser verschwand. Ich habe diese wundersame Erscheinung in ihren Einzelheiten beschrieben, soweit dieselben haben be-



Der Biela'sche Komet zu Anfang von 1846.
(Nach Struve.)
Der Komet war seit dem 29. Dezember 1845 in zwei Stücke zerfallen, von denen jedes selbständig Kopf und Schweif besaß. Seit 1866 ist der Komet vollkommen verschollen, über seine Bahn scheint sich ein großer Meteoritenring zu verteilen.

obachtet werden können. Leider ist der eigentliche Akt der Trennung und der kurz vorhergehende Zustand des älteren Kometen der Beobachtung entgangen. Ist der abgetrennte Komet uns nur unsichtbar geworden wegen Entfernung und großer Lichtschwäche, oder hat er sich aufgelöst? Wird er als Begleiter wieder erkannt werden und wird der Biela'sche Komet bei anderen Wieder-Erscheinungen ähnliche Anomalien darbieten?" Zwei Jahre nach Veröffentlichung dieser Worte, im Spätsommer 1852, tauchte — der Rechnung entsprechend — der Komet in unserm Gesichtskreise wieder auf. Am 26. September erkannte Secchi zuerst deutlich die getrennten Köpfe. D'Arrest berechnete für den 20. September den größten bisher beobachteten Abstand der beiden Teile voneinander: 352342 geogr. Meilen, — er fiel mit der größten Sonnennähe des Kometen zusammen. 1859, dem eigentlichen Jahre der nächsten Wiederkehr zur Sonne, konnte der Komet seiner

berechneten Bahn nach für uns auf der Erde nicht sichtbar werden. Um so sicherer aber durfte man auf sein Erscheinen rechnen für den Winter 1865/66. Die Rechnung hatte inzwischen den denkbar höchsten Grad von Exaktheit erreicht, — der Himmelsort war genau bekannt, wo der Komet aufschimmern sollte, — — aber er kam nicht. D'Arrest und Secchi suchten mit den besten Instrumenten aufs angestrengteste. Secchi fand 14 neue Nebelflecke im Eifer des Detailstudiums jener Himmelsgegend: den Kometen Biela's fand er nicht. War er inzwischen in noch mehr Stücke zerfallen und endlich ganz aufgelöst worden, so daß jetzt in seiner Bahn nur ein der Zerstreuung wegen für uns nicht mehr sichtbarer dünner Ring von Kometenmaterie schwebte? Abermals verflossen die nötigen 6¾ Jahre. Da, 1872, ereignete sich etwas höchst Überraschendes. Der Biela'sche Komet hatte die Aufmerksamkeit der Astronomen schon früher nicht nur gefesselt wegen seiner seltsamen Zerstückelung. Dieser unruhige Komet besaß auch die immerhin bedenkliche Neigung, mit seiner Bahn grade die Erdbahn zu schneiden, und drohte uns so gelegentlich unmittelbar auf den Kopf zu fallen. Über einen Zusammenstoß zwischen Erde und Komet ist seit langer Zeit viel geredet und gefabelt worden. Seit man wußte, wie gering die Masse selbst jener viele Millionen von Meilen langen Schweife sei, hatte sich die Gefahr, was die grobe Seite eines solchen Zusammenpralls anbetraf, in der Vorstellung wohl etwas gemildert, aber immerhin war nicht ausgeschlossen, daß der Kopf noch bedenklich solide Teile enthalten könnte, und es war ebenfalls sehr wohl denkbar, daß selbst jener Schweif beim Hinschleifen durch unsere Atmosphäre giftige, dem organischen Leben todbringende Gase (denken wir beispielsweise einmal an Kohlenoxyd) mitführen könnte, unter deren Anhauch die Erdoberfläche jäh in entsetzlichster Weise veröden müßte. Nun gruppierten sich die Dinge für das Jahr 1872 in der folgenden kritischen Weise. Der Biela'sche Komet, falls er noch als solcher existierte, sollte in den ersten Septembertagen einen Punkt passieren, den schon am 27. November auch die Erde auf ihrer Bahn berührte. Das war nun an sich nicht grade gefährlich, wenn es sich um einen einfachen, echten Kometen von wenig beträchtlicher Größe, wie der Biela'sche früher gewesen war, handelte. Aber Biela's Komet reiste ja nicht mehr als geschlossene Masse an bestimmtem Orte seiner Bahn. Der Hypothese nach war er, wenn nicht gar über die ganze Bahn, so doch über ein beträchtliches Stück derselben verstreut. Und die Wahrscheinlichkeit wurde keine geringe, daß an jenem 27. November die Erde doch noch allen Ernstes in diese ganze Trödelmasse breit verzettelter Kometenmaterie hineingeraten könne wie in die Trümmer eines zerstückelten Wracks. Was sollte da werden?

Es wurde — ein herrlicher Sternschnuppenregen nach Art jenes großen, alle 33 Jahre wiederkehrenden, den einst Humboldt in Cumana gesehen. Schon während der Dämmerung des 27. Novembers begann es

Lichtschnuppen zu schneien, schließlich fielen bis 18000 in der Stunde. Das also war das Erbe Biela's: ein enormer Schwarm in der alten Kometenbahn dahinsausender Meteoriten, wie wir deren andere bei den gewöhnlichen November- und Augustfällen durchkreuzen. Wenn in den Rechnungen kein Irrtum steckt, so ist es sogar damals noch gelungen, auf einen flüchtigen Moment den forteilenden kometarischen Schwarm als Ganzes — als echten Kometenrest — zu sehen. Klinkerfues in Göttingen geriet im Angesicht des plötzlichen Sternschnuppenfeuerwerks auf die Idee, ob das nicht möglich sein könnte. War der Meteoritenschwarm das Wrack des Biela'schen Kometen, so mußte dieser als solches unmittelbar hinterher bei dem Stern ϑ des Centauren eventuell noch als abziehende Lichtwolke zu erblicken sein. Das Sternbild des Centauren glänzt aber am Südhimmel und Klinkerfues saß auf der Sternwarte zu Göttingen. Ein Mann rascher That, telegraphierte er umgehend an Pogson in Madras (Indien): „Suchen Sie Biela's Komet bei ϑ Centauri." Pogson fand am bezeichneten Fleck wirklich ein Kometengebilde, das — die Behauptung stützt sich allerdings nicht grade auf die sicherste Berechnung — in der alten Biela'schen Bahn zu wandeln scheint.

Wie es sich nun damit genau verhalte, — so viel ist sicher, daß ein Zusammenhang von Komet und Meteoritenschwarm unabweisbar ist. Hinter dem früheren Orte des Biela'schen Kometen her schleppt eine Meteoritenwolke. Der Komet selbst ist voreinst nachweislich in Stücke zerbrochen und innerhalb seiner Bahn verschwunden. Was liegt näher als zu sagen: die Meteoritenwolke ist das Produkt seiner Auflösung, oder, noch einen Schritt vor: Komet und Meteoritenschwarm sind überhaupt keine stofflichen Gegensätze, — der als Ganzes sichtbare „Komet" ist bloß eine riesige, von fernher sichtbare, weil eng zusammengeschlossene Meteoritenwolke, der gewöhnliche „Meteoritenschwarm" oder Meteoritenring dagegen ist ein loser gewordener, über weite Strecken seiner Bahn oder gar die ganze Bahn verzettelter Komet.

Schiaparelli, der geniale Kartograph des Planeten Mars, hat diese Theorie in umfassendster und mit schlagenden Gründen gestützter Weise ausgearbeitet, so daß sie im Moment für die wahrscheinlichste aller Kometentheorien gelten kann. Er hat gezeigt, daß nicht nur in dem Falle Biela's (Schiaparelli's Studien sind vor 1872 veröffentlicht), sondern auch bei den früher bekannten, periodischen Sternschnuppenfällen der Meteoritenring sich mehrfach gleichzeitig als echte Kometenbahn nachweisen läßt, so daß auch hier die Meteore durchaus nichts anderes sind als nachrollende Kometenbestandteile. Im Dezember 1866 berechnete Schiaparelli die Bahn der Meteore des 10. August als eine rückläufige (von Ost nach West, also der Planetenbewegung entgegengesetzte) mit 108 Jahren Umlaufszeit, und die gefundenen Details ergaben nicht nur an sich schon in jedem Zuge den

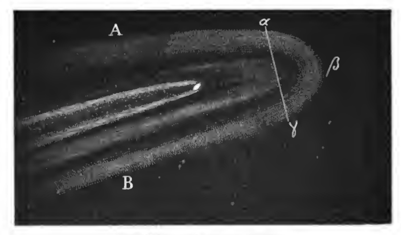
vollkommensten Typus einer echten elliptischen Kometenbahn, sondern es zeigte sich diese selbe Bahn als gradezu identisch mit der eines wirklichen, im Jahre 1862 entdeckten Kometen, in dem wir denn also wohl nichts anderes als lediglich die dichteste Stoffanhäufung innerhalb des Ringes vor uns haben dürften. Ebenso läuft in der Bahn des Novemberringes, der uns alle 33 Jahre mit einer seiner dichteren Stellen jenes prächtige Schauspiel des großen Sternschnuppenfeuerwerks gewährt, auch noch ein echter, 1865 entdeckter Komet.

Vom Moment, da man den Kometen als mehr oder minder dichte Meteoritenwolke faßt, wird vieles an ihm verständlich. Vor allem seine geringe Masse bei so enormer gelegentlicher Ausdehnung, seine Durchlässigkeit für Sternenlicht, seine beispiellose Beweglichkeit, die sich nichts daraus zu machen scheint, bald zur kleinen Kugel zusammengepfropft zu sein, bald sich zu ungeheuren Schweifen aufzurollen. Andererseits darf man allerdings nicht vergessen, daß aus der Annahme keineswegs zu folgern ist, daß jede dieser Meteoritenwolken nun ganz gleichartig sein müsse. Die Sternschnuppen, die uns 1872 der Biela'sche Komet erzeugte, zeigten ein orangefarbiges Licht, die Meteore vom 13. November 1866 waren durchweg grünlich. Das weist schon auf Stoffunterschiede. Wir wissen ebenso, daß die hin und wieder wirklich herabgestürzten Meteorsteine (in diesem neuen Sinn echte Kometenstücke!) allerlei wechselnde Typen zeigen. Und wir haben oben neben den Kohlenwasserstoff- von Natrium-Kometen, ja von Eisen-Kometen gehört. Bei dem Überwiegen des Eisens in den chemisch untersuchten Meteoriten dürfte an letzteren sogar kein Mangel sein, obwohl spektralanalytisch erst ein einziger festgestellt ist. Natrium ist in Meteoriten längst nachgewiesen, ebenso Einschlüsse von Wasserstoff und Kohlenoxyd, und, wenn der Nachricht zu trauen ist, wären einmal sogar in der Schweiz kubische Hagelkörner von reinem Chlornatrium gefallen, die wohl einem echten „Natriumkometen" entstammen könnten.

Im allgemeinen jedenfalls sind Schiaparelli's Vermutungen seit ihrer ersten Veröffentlichung stetig im Ansehen gewachsen. Die Geschichte des Biela'schen Kometen blieb nicht ihre einzige Nachbestätigung. Der Komet II vom Jahre 1882 gewährte abermals das anregende Schauspiel einer Zerstückelung vor aller Welt Augen. Am 5. Oktober brach der Kern in zwei Teile, am 13. in drei, dann in vier und im Januar gar in fünf auseinander. Wenige Grade vom Kometen entfernt zeigte sich ein nebelhaftes Rätselding wie ein blasser Schatten. Am 14. Oktober schien auch das verfechs- und verachtfacht, — dann tauchte wieder ein Nebelstreif an ganz anderer Stelle auf. Es war, als schaue man unmittelbar in das Wogen des meteorischen Stoffs, den die Gewalten des Kosmos hin- und herzerrten. 1888 hat weiterhin der Komet Sawerthal, dessen Umlaufszeit auf 2370 Jahre geschätzt wird, der also das letzte Mal geleuchtet haben dürfte,

als Xerxes I. gegen die Griechen rüstete, sich im Kern in drei Stücke geteilt und nebenher noch durch nachträgliches jähes Aufleuchten und allerhand geheimnisvolle Lichtausströmungen als Schauplatz stürmischster Verwandlungen erwiesen. 1889 endlich ist der Komet Brooks in mehrere Stücke auseinandergebrochen.

Kein Wunder ist es angesichts so häufiger sichtbarer Zerstörungen, wenn die gesamten Planetenräume mehr oder minder mit Meteoren, d. h. im Schiaparelli'schen Sinne: mit losem Kometenmaterial, durchsetzt sind, wie es ja unsere allnächtlichen Sternschnuppen und Feuerkugeln unausgesetzt beweisen. Wir haben früher bei Betrachtung der Sonnen-Corona gesehen, wie auch



Der Kopf des Kometen II von 1882
zur Zeit seiner größten Sichtbarkeit im Oktober von Julius Schmidt gezeichnet.

diese aller Wahrscheinlichkeit nach zum Teil nichts anderes darstellt, als ein einziges wüstes Gestöber eben solcher Kometenfragmente, die möglicherweise durch ähnliche elektrische Abstoßungsprozesse, wie sie die großen Kometenschweife erzeugen, umhergeschleudert werden. Aber vielleicht gehört noch eine dritte ganz besondere Erscheinung in diesen Zusammenhang, die seit langem als eine der seltsamsten des ganzen Planetensystems gilt.

Es ist das sogenannte Zodiakallicht oder Tierkreislicht.

Der Leser betrachte die beigeheftete Tafel „Zodiakallicht an der Küste von Portugal, beobachtet von Piazzi Smith". In unseren nördlichen Breiten ist es immer ein Ausnahmefall, wenn etwas von dieser in den Äquatorialgegenden sehr auffälligen Himmelserscheinung einmal sichtbar wird. Bei günstiger Fügung zeigt sich an einem Frühjahrsabend nach Abblassen der Dämmerungserscheinungen genau über der Horizontstelle,

bei der die Sonne versunken ist, ein matter Lichtkegel mit südlicher Neigung. Im Herbst ist der Schein ähnlich vor Sonnenaufgang zu finden. Die konstante Lage der Achse der rätselhaften Pyramide im Tierkreis (Zodiakus) oder der scheinbaren Sonnenbahn, der Ekliptik, hat ihr den Namen gegeben. Je näher den Äquatorländern mit ihrer kurzen Dämmerung, desto intensiver leuchtet sie, dort ohne Neigung senkrecht emporragend. „Wer jahrelang," erzählt Alexander von Humboldt, „in der Palmenzone gelebt hat, dem bleibt eine liebliche Erinnerung von dem milden Glanze, mit dem das



Der Komet II von 1882,
in drei verschiedenen Nächten von Julius Schmidt gezeichnet.
Darüber (aus denselben Nächten) drei Ansichten seltsamer Nebelmassen, die den Kometen begleiteten, seitdem er bei seiner größten Annäherung an die Sonne die äußersten Regionen der Sonnenatmosphäre durchkreuzt hatte.

Tierkreislicht, pyramidal aufsteigend, einen Teil der immer gleich langen Tropennächte erleuchtet. Ich habe es, und zwar nicht bloß in der dünnen und trocknen Atmosphäre des Andes-Gipfel auf 12- oder 14000 Fuß Höhe, sondern auch in den grenzenlosen Grasfluren (Llanos) von Venezuela, wie am Meeresufer, unter dem ewig heiteren Himmel von Cumana bisweilen intensiver leuchtend als die Milchstraße im Schützen gesehen. Von einer ganz besonderen Schönheit war die Erscheinung, wenn kleines duftiges Gewölk sich auf dem Zodiakallichte projizierte und sich malerisch abhob von dem erleuchteten Hintergrunde. Eine Stelle meines Tagebuches auf der Schiffahrt von Lima nach der westlichen Küste von Mexiko gedenkt dieses

Luftbildes. „Seit drei oder vier Nächten (zwischen 10° und 14° nördlicher Breite) sehe ich das Zodiakallicht in einer Pracht, wie es mir nie noch erschienen ist. In diesem Teile der Südsee ist, auch nach dem Glanze der Gestirne und Nebelflecke zu urteilen, die Durchsichtigkeit der Atmosphäre wundervoll groß. Vom 14. bis 19. März war sehr regelmäßig ³/₄ Stunde, nachdem die Sonnenscheibe sich in das Meer getaucht hatte, keine Spur vom Tierkreislichte zu sehen, obgleich es völlig finster war. Eine Stunde nach Sonnenuntergang wurde es auf einmal sichtbar, in großer Pracht zwischen Aldebaran und den Plejaden am 18. März 39° 5′ Höhe erreichend. Schmale langgedehnte Wolken erscheinen zerstreut in lieblichem Blau, tief am Horizont, wie vor einem gelben Teppich. Die oberen spielen von Zeit zu Zeit in bunten Farben. Man glaubt, es sei ein zweiter Untergang der Sonne. Gegen diese Seite des Himmelsgewölbes hin scheint uns dann die Helligkeit der Nacht zuzunehmen, fast wie im ersten Viertel des Mondes. Gegen 10 Uhr war das Zodiakallicht hier in der Südsee gewöhnlich schon sehr schwach, um Mitternacht sah ich nur eine Spur desselben. Wenn es den 16. März am stärksten leuchtete, so ward gegen Osten ein Gegenschein von mildem Lichte sichtbar."



Lage und Neigung des Zodiakallichtes gegen unsern Horizont und die Sonne. (Vergl. Text S. 603.)

Es ist erklärlich, daß eine wenigstens dem Reisenden so auffällige Erscheinung zu den mannigfaltigsten Hypothesen Anlaß gegeben hat, seitdem Dominikus Cassini 1683 die Aufmerksamkeit der Astronomen darauf gelenkt hatte. Die nächstliegende Vermutung war, den Lichtkegel mit der Sonne, der er stets folgte oder voranging, in direkten Zusammenhang zu bringen. Es sollte die sichtbar werdende äußerste Sonnenatmosphäre sein. An den Polen stark abgeplattet, sollte diese bis über die Erdbahn hinaus in der Äquatorebene vorschwellen. Wir wissen heute aus den Coronabildern, daß die äußerste Staubhülle der Sonnenatmosphäre in der

That nicht klein und jedenfalls sehr seltsam geformt ist. Aber so kolossal läßt sie sich denn doch nicht denken, — in so gewaltiger Entfernung besäße die Anziehungskraft selbst der Sonne nicht mehr die Macht, der Schwungkraft die Wage zu halten und eine rasche Zerstreuung der feinen Materie zu verhindern. Die zweite, noch heute vielfach angenommene Hypothese denkt an einen Ring kleiner Stoffteilchen, der die Sonne nahezu in der Ebene der Erdbahn (also der scheinbaren Sonnenbahn oder Ekliptik) umgeben soll und eventuell allerdings seine Entstehung abgeschleuderten Partikelchen der Sonnenatmosphäre indirekt verdanken könnte. Jedenfalls hätten wir hier schon etwas, was der Welt der Kometen und Meteoriten sehr nahe steht. Auch diese zweite Hypothese ist indessen schon vor fast zwei Jahrzehnten von Schiaparelli im Detail ziemlich schlagend kritisiert und als unhaltbar nachgewiesen worden. Eine dritte Hypothese will, daß nicht die Sonne, sondern die Erde von einem dünnen Meteoritenringe umgeben sei, der in reflektiertem Sonnenlicht leuchte gleich dem Saturnring. Diese Hypothese, von Jones schon in den fünfziger Jahren aufgestellt, stützte sich jedenfalls auf eine neue und höchst wichtige Entdeckung, nämlich die, daß das Zodiakallicht keineswegs bloß aus einer einfachen Lichtpyramide über der Sonne bestehe, sondern daß unter günstigen Bedingungen ein Lichtstreifen den ganzen Horizont entlang laufe und sich an der entgegengesetzten Seite zu einem Gegenschein verstärke. Inzwischen ist nun noch die Spektralanalyse ihrerseits mit neuen Daten über den blassen Wunderschein angetreten, allerdings mit ziemlich widerspruchsvollen, indem die einen bloß ein kontinuierliches Spektrum, in dem der Lichtschwäche wegen die Fraunhofer'schen Linien nicht mehr sichtbar sein sollten (also ein reines Reflexionsspektrum des Sonnenlichts), vertraten, andere dagegen jene oben besprochene grüne Nordlichtlinie auch als Specifikum des Zodiakallichts ansprechen, was ein in oberen Atmosphärschichten selbständig (durch elektrische Prozesse?) glühendes Gas der Erde voraussetzen würde.

In neuester Zeit sind dann endlich Versuche gemacht worden, die uns in diesem Zusammenhange besonders interessieren müssen: nämlich in dem Zodiakallicht eine Art beständigen Kometenschweifs der Erde zu sehen. Die äußerst interessante Detailbegründung sei im wesentlichen mit den Worten Wilhelm Försters, des verdienstvollen Direktors der Berliner Sternwarte, hier wiedergegeben: „Man weiß zunächst, daß die Sonne nicht bloß in größerer Nähe, sondern bis in Entfernungen, welche ihren Abstand von der Erde bedeutend übersteigen, auf die Gase, die sich aus den kleinsten Teilen der Kometenkerne unter der Sonnenwirkung entwickeln, eine intensive Abstoßungskraft ausübt, und daß unter der Wirkung dieser Kraft und der sonstigen die Bewegungen eines Kometen regierenden Kräfte die Bildung des Schweifes und die Ausbreitung desselben in der Bahnebene des Kometen stattfindet. Nach den neueren Forschungen, deren Erfolge man vorzugs-

weise Schiaparelli, aber auch dem nordamerikanischen Astronomen Newton verdankt, kann man kaum daran zweifeln, daß die Sternschnuppen — welche alltäglich zu vielen Millionen in die höchsten Schichten der ganzen Erdatmosphäre eindringen und dort infolge der Gegenwirkungen der letzteren gegen die großen Geschwindigkeiten ihres Eindringens erglühen und schließlich zerstieben — Körperchen von ganz derselben Art sind, wie die kleinsten Teile, aus denen die Kometenkerne sich zusammensetzen, und in die sich die letzteren auch in manchen Fällen teilweise oder ganz wieder auflösen. Bekanntlich nehmen wir in allen Fällen, in denen die Erde die Nähe einer Kometenbahn nicht zu lange vor oder nach dem Vorübergange des Kometen selber passiert, ungewöhnliche reiche Sternschnuppen-Erscheinungen wahr. Was liegt nun näher als die Annahme, daß die Sonne auf die kleinsten Teile und die Gase, welche aus dem Zerstieben solcher Kometenmaterialien in den höchsten Schichten unserer Atmosphäre hervorgehen, sowie überhaupt auf die kleinsten Teilchen dieser Schichten dieselbe Art von Abstoßungskraft ausübt, welche bei den Kometen selber die Ausbreitung von Schweifen in der Bahnebene in der von der Sonne abgewandten Richtung hervorruft. Allerdings liegt die Sache in einem Punkt bei der Erde ganz anders als bei den Kometen. Die Kerne der letzteren äußern nämlich selber nur äußerst kleine Massenanziehungen, wogegen die Anziehung der Erde die zu ihrer Atmosphäre gehörigen oder in dieselbe eingedrungenen Massenteile mit bedeutender Kraft an sich zu fesseln vermag. Eine nicht geringe Anzahl neuerer Wahrnehmungen legen es uns aber nahe, in den höchsten Schichten der Atmosphäre gewisse, im einzelnen noch unerklärte Bewegungsursachen und gewisse noch rätselhafte Gegenwirkungen gegen die bloße Massenanziehung der Erde anzunehmen, wodurch jener Einwand bedeutend vermindert werden könnte. Es sind insbesondere die elektrischen Zustände der höheren Atmosphärenschichten, welche hierbei in Frage kommen. Daß die verhältnismäßig so schwache Richtkraft des Erdmagnetismus bis in Höhen von mehreren hundert Kilometern über der Erdoberfläche die Polarlichtkrone aus kolossalen Säulen elektrischer Lichterscheinungen aufbaut — ein Vorgang, dessen strenge Gesetzmäßigkeit festgestellt, aber auch noch nicht befriedigend erklärt ist —, würde noch nicht grade unmittelbar beweisend sein für die Möglichkeit, daß die vorerwähnte Abstoßungskraft, welche die Sonne auf die kleinsten Teilchen kometarischen Materials ausübt, auch die Teilchen in jenen Schichten der Erdatmosphäre aus der Wirkungssphäre der Massenanziehung der Erde lösen und in den Weltenraum hinaustreiben könne. Aber das Vorhandensein jener zweifellos dem elektrischen Gebiete im weitesten Sinne angehörigen Erscheinungen in solchen Höhen läßt jedenfalls für die fraglichen Sonnenwirkungen Möglichkeiten offen, die man nicht durch den bloßen Hinweis auf gewisse Schwierigkeiten der Erklärung beseitigen kann, sondern demnächst auf mannigfaltige Weise untersuchen

muß. Ähnlich wie die magnetische Richtkraft der Erde bis in gewisse Höhen den Bau der Polarlichtsäulen bestimmt, könnte in noch größeren Abständen von der Erdoberfläche die Richtkraft der Sonne, aus den feinsten Teilen der höchsten Atmosphärenschichten der Erde, teils im Zustande eines dem Polarlicht entsprechenden Glühens, teils außerhalb des Erdschattens in reflektiertem Sonnenlicht leuchtend, weit ausgedehnte Lichtstreifen oder Lichthüllen zartesten Glanzes, verwandt mit den kometarischen Phänomenen, auf der von der Sonne abgewandten Seite der Erde in der Ebene ihrer Bahn ausbreiten. Hierdurch aber würden sich manche wesentlichen Züge des Tierkreislichtes ziemlich einfach erklären lassen."

Nach Erwägung einer Anzahl Detailmotive, die wir hier übergehen können, zieht Förster den Schluß, daß mit dieser Hypothese sich die spektralanalytischen Ergebnisse sowohl für das kontinuierliche Spektrum wie auch für das eines elektrisch glühenden, auch im Nordlicht sichtbaren Gases zwanglos verbinden ließen. „Diesem Befunde," schließt er, „würde es auch entsprechen, wenn zwischen den periodischen Schwankungen der Intensität des Tierkreislichtes und den periodischen Schwankungen der Sonnenzustände eine Beziehung existierte, wie sie zwischen letzteren Zuständen und den periodischen Schwankungen der Intensität der Polarlichterscheinungen bereits sicher konstatiert ist. In neuester Zeit liegt eine derartige Untersuchung über das Tierkreislicht vor, welche behauptet, eine Beziehung zwischen einer Periode der Intensitäts-Schwankungen desselben und der Periode der Sonnenflecken gefunden zu haben, aber kaum als beweiskräftig genug gelten kann. Merkwürdig ist es aber, daß schon im 17. Jahrhundert der Pariser Astronom Cassini, einer der ersten und eifrigsten Beobachter des Tierkreislichtes, auf einen derartigen Zusammenhang der jeweiligen Intensität dieses Lichtes mit den Sonnenflecken-Erscheinungen aufmerksam geworden ist. Daß man bei anderen Planeten, auch bei den sonnennahen und sicher von einer Atmosphäre umhüllten, wie Venus, nicht ähnliches, wie unser Tierkreislicht nach obiger Hypothese sein würde, wahrnimmt, kann man leicht dadurch erklären, daß so zarte Lichterscheinungen durch die gleichzeitige Wahrnehmung des von jenen Himmelskörpern reflektierten Sonnenlichtes für uns vollständig verdeckt werden können."

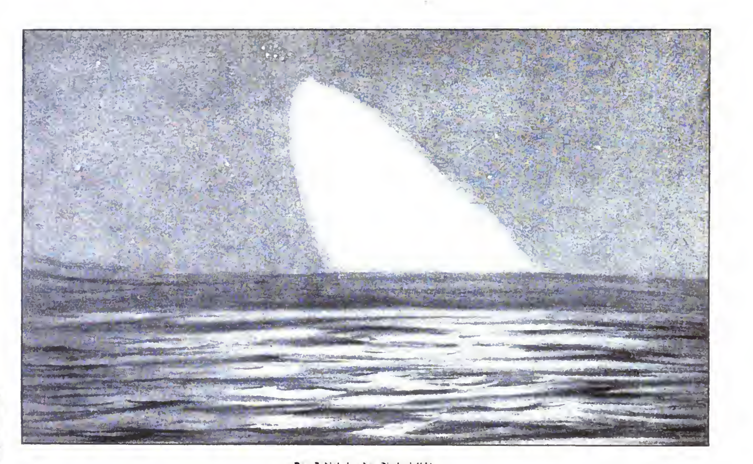
Ich denke, daß ich den Leser mit der letzten, das Zodiakallicht betreffenden Abschweifung an die Grenze dessen geführt habe, was der Satz umschließt: Kometenmaterie erfüllt mehr oder minder das gesamte Planetensystem. Sehen wir sie doch hier — im Rahmen kühner Hypothese — sogar als regelrechten Schweif hinter unserer Erde dahinziehen.

Es ist die Grenze zugleich unserer ganzen, das Planetensystem betreffenden Untersuchung, die wir betreten haben. Zerspaltung in lose

Bruchmasse, in kosmische Staubwolken erschien uns oben als vages Endbild des fortschreitenden Erkaltungsprozesses. Betrachtet man allerdings die Bahnen der Kometen, von denen die Mehrzahl aus dem Weltraum kommt und auf Nimmerwiedersehen im Weltraume verschwindet, während andererseits sicherlich der Komet auch bei der einmaligen Annäherung an die Sonne Stoffteile in Menge verliert und in der Sonnennähe läßt, so erscheint es kaum zweifelhaft, daß die riesigen Schottermassen unseres Systems wenigstens nicht notwendig ursprünglich alle diesem angehört haben müssen, und daß wir vielmehr einen beständigen Zufluß solcher Trümmerstücke aus den Fixsternräumen erhalten. Das verschiebt die direkten Entwickelungslinien. Das Kometen- und Meteoritenmaterial unseres Systems kann Produkt fernster, zeitlich uralter Zersetzungsprozesse sein, — Material zerborstener Welten, die unendlich lange vor uns geblüht haben, aber der Eiseskälte des Raumes ebenso unerbittlich zum Opfer gefallen sind, wie wir es — vielleicht — dermaleinst auch müssen.

Es hat für einen Moment etwas Betrübliches, sich solchen Perspektiven hinzugeben. Von der Geisteshelle unserer Entwickelung schauen wir hinab in das scheinbare Todesgrau eines entsetzlichen Absturzes. Dennoch ist der Maßstab, den wir vor solchen Bildern anzulegen pflegen, ein falscher. Der Komet, dessen Weltenbruchstücke unter elektrischen Entladungen bei wachsender Sonnennähe erglühen, ist nur eine andere, aber keineswegs geringere Phase der Natur wie der Erdball, auf dem eine denkende Menschheit ihre Museen und Sternwarten errichtet.

Die Punkte, wo der Geist — wie im Menschenhirn — beherrschend durch die Welt zu blitzen scheint, werden zu übermäßig bevorzugten nur durch eine unberechtigte Geringschätzung der anderen Naturprozesse, die wir mit dem etwas wegwerfenden Wörtchen „anorganisch“ zu degradieren lieben. Eine Welt, die sich harmonisch bis zur Intelligenz heraufentwickelt hatte, wieder aufgelöst zu denken in eine wüst dahinwirbelnde Wolke meteorischen Staubes, die vielleicht endlose Zeiten hindurch gradlinig durch den eisigen Raum fegt, bis irgend eine noch leuchtende Sonne sie einfängt, ihre Bahn zu sich herabbiegt und ihre kleinen Fragmente als Sternschnuppen am Himmel anderer grüner, lebenswarmer Planeten verpuffen läßt: — das erweckt uns die Vorstellung eines ungeheuren kosmischen Sterbens, furchtbarer als aller individuelle Tod. Der Naturforscher aber darf in solchem Moment daran mahnen, daß Tod und Leben für ihn keine fundamentalen Gegensätze sind. Das Gesetz von der Erhaltung der Energie beherrscht die Gehirnfaser des denkenden Menschen so gut, wie es das Auf- und Abpendeln jener Kometenteilchen in Sonnennähe und Sonnenferne bestimmt. Der Naturforscher vermißt sich nicht, etwas darüber auszusagen, was im Kern der Dinge „Energie“ heißt, was die Naturkraft, deren Regung wir verzeichnen, im eigentlichen Sinne sei. Er hält dafür,



Das Zodiakal- oder Tierkreislicht,

gesehen am 1. März 1872 8 Uhr 20 Minuten abends an der Küste von Portugal (Nach einer Zeichnung von Piazzi Smith.)

daß sich der Bogen unseres Erkennens schon vor dieser Frage schließt. Aber wenn ihm zugestanden wird, nun aus dem gegebenen Kräftespiel die Welt mechanisch zu entwickeln gleichsam als ein großes Symbol, als eine riesige Umsetzung aller realen Bilder des Kosmos in die Zeichenschrift einer geschlossenen Rechnung: — dann darf er sich nun auch gegen jeden willkürlichen Strich innerhalb seines Exempels mit dem ganzen guten Gewissen der Logik verwahren. Im mechanischen Sinne giebt es keinen Tod, keinen Abfall, keinen Untergang — mögen nun blühende Erden heute in Kometensplittern verwehn oder umgekehrt morgen die winzigen Stoffindividuen solcher Splitter wieder vor irgend einer Wärmequelle zu einem glutatmenden Ganzen zusammenschmelzen, aus dem im Verlauf ungezählter Jahrmillionen eine neue planetarische Kugel abermals mit den Bedingungen organischen Lebens und menschlicher Intelligenz hervorgeht.

Wenn im Anschluß an einen Gedankengang, den der große Forscher Clausius aufgestellt, bisweilen von einem gewissen, in spätester Zeit bevorstehenden Stillstand des gesamten Weltmechanismus gesprochen wird, so handelt es sich dabei wenigstens im Ausbau um eine streng physikalische Hypothese. Clausius hat darauf aufmerksam gemacht, daß zwar nicht der Kraft, aber wohl dem Spiel der Verwandlungsmöglichkeiten dieser Kraft einmal ein Ende gesetzt sein könnte. Mechanische Kraft kann beständig in Wärme übergehen, Wärme dagegen zeigt nur dann Umsatz in lebendige Arbeit, wenn sie von einem wärmeren Körper auf einen kälteren strömt. Mit dem völligen Ausgleich der Temperaturen im All würden die sämtlichen anderen Energieformen aufhören in Wirkung zu kommen und damit allerdings — nicht ein Weltende, aber ein absolutes Entwickelungsende eintreten. Diese Hypothese ist, wie gesagt, innerhalb ihrer Voraussetzungen eine durchaus physikalisch begründete. Aber die grundlegendste Voraussetzung ist selbst hier eine durch und durch willkürliche. Jenes Maximum des Verwandlungsinhaltes (Entropie) würde als zeitliche Entwickelungsgrenze nur eintreten können in einem Weltall, das wirklich begrenzt ist. Ist die Ausdehnung der Dinge in den Raum hinein aber eine unendliche, so schiebt sich auch der Clausius'sche Weltabschluß in die Unendlichkeit. Man sieht, daß die Frage hier in das Gebiet philosophischer Spekulationen schweift, die außerhalb unseres Rahmens liegen, — Jahrtausend alte Spekulationen, an denen die Menschheit sich immer wieder wund gerungen, ohne zu einem so greifbaren Bilde zu gelangen, wie es wenigstens der Naturforscher von einer kleinen Entwickelungslinie im All heute bereits herauszuzaubern weiß. Der Naturforscher, indem er jenen an sich gewiß hoch stehenden Titanenwerken des menschlichen Geisteskampfes eine gewisse Zurückhaltung entgegenbringt, bewahrt sich, obgleich er sein Feld beschränkt, wenigstens vor den furchtbaren Enttäuschungen, die noch jeder Hochflut philosophischer Welterklärung auf dem

Fuße gefolgt sind, — mochten sie nun das Weltende begleitet sein lassen von den Donnern eines Weltgerichts oder es ausklingen lassen in einem wunschlosen Nirwana, in dem der Kosmos zwecklos versank, wie er zwecklos einst daraus erstanden war. Der Welthorizont des Forschers weiß von beidem nichts, er schließt höchstens ab mit einem blauen Meer, das uferlos erscheint, in dem aber jeder glückliche Columbus zur rechten Stunde eine neue Welt entdecken mag.



Sternwarte bei Tananariva auf Madagaskar,
aus Privatmitteln begründet.

Drittes Buch.

Der Urzustand der Erde

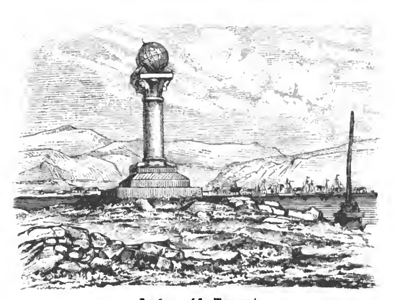
und die

vulkanischen Erscheinungen

der Gegenwart.

„Die wahre Gewalt und Herrlichkeit der Natur erkennt nur, wer sie nicht in Teilen, sondern als Ganzes faßt.“

Plinius.
(Naturgeschichte Buch 7, Kap. 1)



Das Hammerfester Monument
zur Erinnerung an die große Meridianvermessung von Hammerfest am nördlichen Eismeer bis zur Donau in den Jahren 1816 bis 1852.
(Nach einer Skizze in Karl Vogts „Nordfahrt".)

Das Rätsel des Erdinnern.

„Eröffne Deiner Schatten grausen Schlund,
Die alte Macht sei ohne Zauber kund."
Anaxagoras in Goethe's Faust II. Teil.

Dem Erwachsenen, der zurückblickt auf das langsame Knospen und Erstarken seiner Lebenserfahrungen, gewährt wenig anderes solchen Reiz wie die Erinnerung an das märchenhafte „Immergrößerwerden" der Welt in der Kinderzeit. Die enge Stube, wo der Hilflose die erste Pflege empfing, weitet sich zum Haus, das Haus zur Straße, die Straße zur Stadt. Hinter der Stadt aber dehnt sich auf einmal der Wald, wogt die Kornfläche. Und über Laub und Korn, im Duft des Horizonts wie ein Traum noch eben angedeutet, ragen blaue Bergzüge.

Das Kind ist, in großen Zügen hingemalt, die ganze Kulturmenschheit.

Aus der Enge zwischen zwei Strömen, deren gelegentliches Einfluten ins Flachland ihr eine „Sündflut", ein „Weltuntergang" war, die sie mit allen Farben ihres Glaubens umgoldete, wagt sie sich zaghaft hinaus ans östliche Mittelmeer, wird zum seefahrenden Phönikier. Als der Sänger der Homerischen Gedichte seine Saite regt, ist von Sizilien an in diesem Mittel-

meer noch alles Fabelland, wo vielköpfige Drachen auf der Felsklippe lauern, einäugige Cyklopen Menschenfleisch verschmausen und die Zauberin Circe unselige Schiffbrüchige in Tierleiber bannt. Wenig später, und das Mittelmeer wird ein Kreis mit einer schmalen Öffnung gen Westen. Vor dem Griechen, dem Römer dehnt sich jenseits der „Säulen des Herkules“ (Gibraltar) die neue Riesenfläche des Atlantischen Ozeans. Schon ahnt ihr reger Geist noch Ferneres: einen Abschluß auch dieser Wasserwüste durch ein geheimnisvolles Land. Aber erst noch eine schier endlose Flucht jetzt der Jahrhunderte, — dann setzt Columbus seinen Fuß auf dieses „Jenseits“, — auch die Welle der Atlantis ist eingeschränkt zwischen zwei Festlandmassen, und in das Erdbild der staunenden Menschheit schiebt sich Amerika. Wieder eine Entdeckerstunde, — und Balboa schaut vom glücklich-überkletterten Kamm der mittelamerikanischen Landenge das dritte, das größte aller irdischen Gewässer: den Stillen Ozean. Das Schiff des Magelhaens durchquert ihn. Als es die Gestade der Philippinen begrüßt, wo der Entdecker seinen Tod findet, ist zum erstenmal der ungeheure Kreis geschlossen, die östlichen Gewürzlande sind von Westen erreicht. Aber noch liegt seitwärts versteckt ein ganzer Erdteil: Australien. Als dann auch er endlich ins Licht rückt, im vorigen Jahrhundert, — da dämmert zuerst eine Ahnung auf von der wirklichen Riesengröße dieses Erdenballs. Die Theorie ist inzwischen zu Hilfe gekommen. Man weiß, daß es ein „Ball“, eine Kugel ist, auf der wir reisen, — keine platte Scheibe, die auf den Wassern schwimmt, sondern ein massiver Koloß, dessen einmalige Umarmung dem Seefahrer viele Monate kostet. Da nun, jetzt erst, ist denn auch die Einsatzstelle, wo zuerst dem Denkenden klar zu werden beginnt, welch ungeheures Rätselland dieser Erdenball noch ungesehen in seinem Innern bergen müsse.

All das, was die Jahrtausende so zäh uns nur Akt für Akt geboten, war ja nur die Oberfläche, der äußere Rand, die Schale. Die schneebedeckten Berghäupter, die wir in tausend Todesnöten mit allem Aufgebot unserer Kühnheit erklettert, ragen im Verhältnis zu der Abgrundtiefe, die etwa den Engländer im senkrechten Schnitt durch die Erdkugel von seinem Antipoden, dem Neu-Seeländer, trennt, nur oben aus jener Schale vor wie die kleinen Runzeln eines Apfels aus der glatten Haut.

Was birgt diese Erdentiefe?

Hüllt sie nicht Geheimnisse, wichtiger für die Entwickelungsgeschichte der ganzen Welt als jede noch mögliche geographische Entdeckung innerhalb jener Schalenrunzeln, — und sei es selbst die so lang ersehnte der Eispole oder des Herzens von Afrika?

Es ist keine Frage, daß dieser Ausruf nach allen Richtungen hin recht hat. Aber es ist eine ebenso unumstößliche Thatsache, daß uns diese Geheimnisse vorerst wirklich noch „Geheimnisse“ sind. Die Made bohrt sich behaglich durch den Apfel und richtet sich häuslich in ihm ein; der

Mensch ist lange nicht so weit. Er klettert ins Bergwerk und mißt die zunehmende Wärme der Tiefe, aber sein ganzes Bergwerk ist noch nicht mehr als ein Nadelstich in einen meterdicken Globus, der von der zweiten Schalenschicht an mit den wunderbarsten Sachen gefüllt sein kann, ohne daß es durch den Nadelstich im geringsten offenbar würde. Abermals ist es ein Reich der Vermutungen, dem wir entgegengehen. Dennoch sind es äußerst fruchtbare Vermutungen, und die Nadel des Geistes reicht bereits sehr viel tiefer als die wirkliche der schwachen Hand.

In dem Gange unserer Betrachtung, die uns bisheran durch alle Sternenräume geführt hat, ist die Frage als erste am Platz: was suchen wir grade im Erdinnern? Die Antwort ist leicht. Wir haben das Weltall durchmustert unter dem Gesichtspunkt abnehmender Erwärmungszustände. Von der losen Gasmasse des Nebelflecks stiegen wir zum Fixstern. Wir sahen seine Weißglut schwinden, wir sahen ihn als Sonne mit Flecken, wir sahen ihn zu düsterer Rotgut ausbrennen. Dann erlosch er, das Stadium des Planeten, der, selbst ganz oder fast dunkel, fremdes Licht zurückstrahlte, trat ein. In der Reihe dieser Planeten fanden wir die Erde. Vielleicht noch nicht an letzter Stelle, aber sicher schon nicht mehr an erster. Denn jede Spur eigener Glut scheint an ihrer Oberfläche, die wir bewohnen, erloschen.

Aber jetzt ein Bild, alltäglich und jedem vertraut. Eine Kohle glüht ab. Sie hat schon aufgehört zu leuchten, ist dunkel geworden. Ich schlage sie entzwei. Aus dem Bruch glänzt noch einmal die Rotglut: das Innere glühte noch, während die Rinde schon erloschen war. Das ist genau das Problem der Erde. Birgt ihr Inneres noch Reste der alten Glut? Lebt in ihm noch der letzte Funken des „Sternes“, der auch dieser dunkle Planet einst war? Wir wollen versuchen, von diesem allgemeinsten Boden aus dem Problem im engern auf den Leib zu rücken.

Die Kohle kann ich mit dem Feuerhaken auseinanderschlagen, — die Erde nicht. Unsere Kulturepoche braucht ihre Gelder noch zu allerlei anderen Zwecken, — ungeheure Bohrversuche zu Gunsten eines rein wissenschaftlichen Erkenntnisbedürfnisses anzustellen mangelt ihr jede materielle Möglichkeit, wie die Dinge vorläufig nun einmal liegen. Unter diesen Umständen ist es klar, daß sich uns ein Problem der allerschwierigsten Art entgegenstellt, das unmöglich mit zwei Worten abgethan werden kann. Die Zeit liegt nicht fern, wo in populären Werken grade vor dieser Frage ein sehr weitgehender Leichtsinn herrschte. Man glaubte ganz zuversichtlich zu wissen, daß nicht sehr tief unter der von uns bewohnten Decke noch eine enorme, dem anfänglichen Glutzustand entstammende Hitze herrsche, ein „Centralfeuer“. Die echte Geologie ist in

diesem Punkte stets vorsichtiger gewesen und neuerdings ganz besonders. Sie leugnet keineswegs die Möglichkeit eines solchen Centralfeuers, das so gut zu allen kosmogonischen Hypothesen paßt. Aber sie ist sich der großen Schwierigkeit der (einzig hier möglichen) theoretischen Beweisführung klar bewußt und hütet sich sorgsam vor dem Trugschluß, daß eine Sache deshalb Thatsache sei, weil sie auffällig gut in die Linie einer Hypothese paßt. Das Beispiel von der Kohle ist sehr gut. Aber aus dem hypothetischen Schluß, daß eine Kohle einmal glühend war, läßt sich noch lange nicht die Folgerung ableiten, daß sie nun wirklich inwendig noch Glut zeige. Das soll erst bewiesen werden.

Die erste Vorfrage, die wir zu erledigen haben, ist sogar die, ob direkte Anzeichen an der Erde selbst dafür sprechen, daß sie überhaupt einstmals glühend war. Wir haben das vorhin angenommen als eine Art Folgerung aus der absteigenden Erwärmungskette, die uns draußen im All so fast aufdringlich deutlich entgegengetreten ist. Dagegen ist — vom Boden des Analogieschlusses — ja auch nichts zu sagen. Aber es wäre in allerhöchstem Grade wichtig, wenn unabhängig von jeglicher kosmischen Analogie grade für die uns zugängliche Erde noch direkte Beweise eines solchen ursprünglich glühendflüssigen Zustandes sich erbringen ließen.

Da sind es denn nun zunächst zwei wichtige Thatsachenreihen, die wir ins Auge zu fassen haben. Die eine betrifft die Gestalt der Erde, die andere das Gewicht der Erde. Beide haben das höchste Anrecht auf unser Interesse, selbst wenn die Resultate für den engern Fall noch etwas zweifelhaft bleiben sollten.

In unserm einleitenden Buche, das den Faden der menschlichen Welterforschung zu skizzieren sucht, ist mehrfach der umfassenden Geistesarbeit gedacht, die endlich zur klaren Erkenntnis von der Kugelgestalt der Erde führte. Über achtzehnhundert Jahre — wenn man rechnet etwa von den Zeiten des Aristoteles, der die Kugelgestalt ableitete von dem stets kreisrunden Schatten der Erde bei der Mondfinsternis, bis auf die Schiffe des Magelhaens, die die Kugel wirklich umsegelten, — hatte die Menschheit mit dem Gedanken gerungen, ehe sie zur absoluten Klarheit kam. Magelhaens wurde am 27. April 1521 auf der Philippineninsel Mactan von den Eingeborenen erschlagen; fast genau ein Jahrhundert später, auf den 21. Juli 1620 fällt das Geburtsdatum von Jean Picard, dem die erste Vermutung darüber zugeschrieben wird, daß die Erde zwar eine Kugel, aber keine völlig regelmäßige sei: sie sei an den Polen abgeplattet. Er war durch einige, ihm selbst allerdings noch problematische Beobachtungen auf die Möglichkeit aufmerksam geworden, daß das Pendel unter dem Äquator anders schwingen könne als an den Polen.

Diese Erscheinung eröffnete, wenn sie richtig war, eine höchst überraschende Perspektive. Galilei's Scharfsinn hatte schon lange vorher das

große Fundamentalgesetz der Pendelbewegung erfaßt, wonach jedes Pendelgewicht ganz unabhängig von der Größe des Bogens, den es beschreibt, seine bestimmte, konstant bleibende Zeit für die Dauer jeder Schwingung besitzt, und zwar eine Zeit, die in genauem Verhältnis steht zu der Länge des Pendels; je nach der Länge variiert die Zeit, dasselbe Pendel schwingt aber stets in gleicher Zeit; ein Pendel, dessen Länge grade so ist, daß eine Sekunde für die Schwingung herauskommt, wird in alle Ewigkeit hinein Sekunden schwingen, falls es nicht durch Zusammenziehung oder Ausdehnung infolge von Temperaturunterschieden etwas von seiner normalen Länge einbüßt, und falls es durch zeitweilige äußere Anstöße überhaupt in Schwingung erhalten wird, (da es sonst der Widerstand der Luft bald lahm legt): ein Prinzip, das bekanntlich bei unsern Pendeluhren die weitgehendste Ausnutzung erfahren hat. Eine Änderung, die ein normales Sekundenpendel zu einer Verkürzung oder Verlängerung seiner Schwingungszeit bringen könnte, wäre (bei der Abhängigkeit der Pendelbewegung von der Anziehungskraft der Erde) nur allein dann denkbar, wenn plötzlich diese Anziehungskraft (Gravitation) selbst Schwankungen unterläge und entweder stärker oder schwächer würde. Stellte es sich nun heraus — und das war es, was für Picards Zeit als erste Ahnung sich zu regen begann — daß thatsächlich ein für unsere nördlichen Breiten — etwa Paris — richtig funktionierendes Sekundenpendel bei zunehmender Annäherung an den Äquator anfing „nachzugehen", d. h. seine Schwingungen verlangsame, und umgekehrt den Polen zu mehr und mehr „vorging", also in immer weniger Zeit als einer Sekunde schwang, so geriet man auf eine höchst eigenartige Folgerung: — nämlich die, daß am Äquator der Erdkugel die Gravitation eine wesentlich schwächere sein müsse, als an den Polen. Die nächst liegende Konsequenz aber daraus war wieder: die Anziehungskraft der Erde ist deshalb an den Polen stärker als am Äquator, weil die Polpunkte dem Erdmittelpunkt näher liegen als jeder Punkt des Äquators: mit andern Worten: die Erde ist keine vollkommene Kugel, sondern die Pole sind abgeplattet, gleichsam gegen den Mittelpunkt des Ganzen hin flach eingedrückt, während der Äquator umgekehrt vorgeschwollen ist und sich damit vom Mittelpunkt weiter entfernt hat.

Im Jahre 1672, bei Gelegenheit der Expedition Jean Richers nach Cayenne zum Zwecke der Errechnung der Marsparallaxe, wurde endgiltig nachgewiesen, daß schon etwas über 4 Grad vom Äquator die Pariser Pendeluhr täglich um 2 ganze Minuten nachgehe und nur durch eine Verkürzung des Pendels um 1¹/₄ Linien wieder richtig gestellt werden könne.

Angesichts dieser mächtigen Verlangsamungsziffer wurden nun allerdings die beiden größten Physiker der Zeit, Newton und Huyghens, auf den richtigen Gedanken gebracht, es müsse außer der Polarabplattung noch eine zweite Ursache hier mitwirken: nämlich die Bewegung der

Erde um ihre Achse. Am Äquator ist bei einer um sich selbst rotierenden Kugel die Schwungkraft der mit fortgerissenen Teile naturgemäß eine sehr viel stärkere als an den Polen. Die Schwungkraft aber wirkt der Gravitation unmittelbar entgegen und ändert damit direkt das durch die Gravitation bedingte Gewicht der Körper: was am Pol 100 Centner wiegt, ist am Äquator 31 Pfund leichter. Ein so feines Instrument nun wie das Sekundenpendel muß darauf schon ganz beträchtlich reagieren.

Newton und Huyghens benutzten, wie gesagt, diese Erklärung aus der wechselnden Schwungkraft nur als Hilfsprinzip und das mit vollem Recht. Sie sahen darin einen äußerst glücklichen und sinnfälligen Beweis für die Rotation der Erde, hielten aber daneben den Beweis für die Abplattung der Erde ebenfalls für vollkommen in Richers Angaben gesichert. Ja sie gingen in scharfsinniger Kombination dazu über, eine genetische (entwickelungsgeschichtliche) Verknüpfung beider Fakta zu versuchen. Die Anschwellung am Äquator und die Abplattung an den Polen existierten nicht nur trotz der Zu- und Abnahme der Fliehkraft, sondern sie waren, so schlossen die großen Denker, ganz einfach eine Folge des Wechsels der Fliehkraft. Eine weiche Thonkugel, auf eine Achse gesteckt und in rasche Drehung versetzt, plattet sich an den Polen ab und schwillt am Äquator an: die Schwungkraft verschiebt das Gleichgewicht und treibt, indem sie gewisse Teile der Schwerkraft mehr entrückt als andere, die Äquatormassen vor, während die Pole platter werden. Aus der reinen Kugel wird ein sogenanntes Ellipsoid mit zwei ungleich großen Achsen, je nachdem man von Pol zu Pol oder vom einen Punkte des Äquators zum entgegengesetzten mißt.

Huyghens und Newton nahmen nun an, daß die Erde vor alters sich auch in einem weicheren, plastischeren Zustande als jetzt befunden habe. Damals hatte sich dann dasselbe an ihr vollzogen wie an jener Thonkugel: sie war als Ganzes an den Polen abgeplattet worden, und diese Gestalt war ihr geblieben, auch als sie zur heutigen Festigkeit erstarrt war.

Schon in der ersten Zeit dieser Gedankengänge wußte man, daß der Planet Jupiter eine starke Polarabplattung besitze, was immerhin als kosmische Analogie sehr wichtig war. Inzwischen begann aber die großartige neuere Epoche der direkten Gradmessungen auf der Erde, die auch für den unmittelbaren Nachweis der Abplattung entscheidend werden sollte. Auf einem abgeplatteten Ellipsoid sind im Gegensatz zur echten Kugel die Meridiane keine Kreise mehr, sondern Ellipsen, deren Krümmung entsprechend stärker oder schwächer ist. Die denkwürdigen Vermessungen von Meridiangraden unter dem Äquator (in Quito) durch Bouguer und Condamine und nahe dem Pol (in Lappland) durch Maupertuis und Clairaut von 1736 lieferten den positiven Beweis, daß die Erde ein Ellipsoid mit Pol-

abplattung sei. Die spätere, immer sorgsamere Forschung vermochte an diesem grundlegenden Resultate nichts mehr zu ändern. Im Detail hat sich allerdings grade in neuerer Zeit ergeben, daß die Erde, ganz abgesehen von den Hauptphänomenen der Abplattung und Anschwellung, die wunderlichsten Wölbungsverschiebungen an allen Ecken und Enden zeigt. Eine verzweifelte Schwierigkeit in der Rückführung der Pendelziffern für die Abplattung und der direkten Vermessungsziffer aus den Meridian-Differenzen auf eine Größe sollte besonders der Umstand hervorrufen, daß bei allen Resultaten vorausgesetzt wurde, die Meeresfläche bilde überall ein konstantes Niveau. Wäre die ganze Erdkugel gleichmäßig mit Wasser bedeckt, so müßte ja auch der Spiegel dieses uferlosen Ozeans mathematisch genau dem Rotationsellipsoide entsprechen. Aber die Erdteile schieben sich in Wahrheit als ungeheure feste Massen in die wirklichen Ozeane hinein. Nun ist es schon von einfachen Gebirgen innerhalb der Kontinente längst bekannt, daß sie das Loth ablenken, d. h. spezielle seitliche Massenanziehungen ausüben im Rahmen der Gesamtgravitation des Erdkörpers. In erhöhtem Maße gilt das von den Gesamtkolossen der Kontinente gegenüber dem Meerwasser: sie ziehen es gleichsam zu sich empor. Für die Westseite von Süd-Amerika, wo die Kette der Anden über die Schneegrenze sich emportürmt, beträgt nach Ph. **Fischers** Rechnung die Heraufwölbung des Spiegels des Stillen Ozeans nicht weniger wie tausend Meter, während die landfernen Mitten der Ozeane umgekehrt so relativ tief liegen, daß Inseln aus ihnen vorspringen können, die in der Nähe der Küsten bis über ihre höchsten Berggipfel weg mit Wasser bedeckt sein müßten. Man kann sich vorstellen, welches Wirrwarr solche Verhältnisse in die Pendelbeobachtungen bringen mußten. Auf einer Insel mitten im Ozean kann das Pendel unter Umständen rascher schwingen als auf dem Festland unter genau gleicher Breite, da die Insel faktisch dem Erdmittelpunkt näher liegt. Auf den Boninınseln macht der feinfühlige Apparat 14,2 Schläge mehr pro Tag, als er soll, auf St. Helena 10,3. Aber alle diese wichtigen und erst spät in die Rechnung hineingezogenen Faktoren, die der Erde im einzelnen eine mathematisch vorerst gar nicht mehr zu bewältigende Ungestalt geben, haben die großen Züge nicht verwischen können, um die es sich uns bei dieser Betrachtung handelt: die Lehre von der Abplattung an den Polen.

Vom Moment an, da sie feststand, wuchs nun auch die Gewalt jenes Newton-Huyghens'schen **entwickelungsgeschichtlichen** Gedankens außerordentlich. Und er hat sein Ansehen in gewissem Sinne bewahrt bis auf den heutigen Tag. Nicht der Schatten eines Einwurfs kann sich dagegen erheben, daß die Parallele zwischen dem einfachen Vorgang bei der gedrehten, sich abplattenden Thonkugel und der riesigen, unzweideutig abgeplatteten Erde richtig ist. **Die Abplattung der Erdkugel ist ein Ergebnis**

ihres Umschwungs um ihre Achse. Und so ist die Abplattung auf alle Fälle ein entwickelungsgeschichtliches Moment.

Es ändert an diesem wertvollen Ergebnis, das zugleich ein Denkmal zweier unserer scharfsinnigsten Denker darstellt, nicht das Geringste, daß man in der Folge vielfach seine Tragweite überschätzt hat. Man muß sich erinnern, wie von einem bestimmten Momente ab — spät zwar, aber gründlich — die Laplace'sche Vorstellung von einem anfänglich glühenden Zustande aller Planeten, der sogar zu Ringbildungen und Abschleuderung von Monden führte, durchschlug. Nichts konnte näher liegen, als den Zeitpunkt für das Zustandekommen der Polarabplattung in jene Urzeit zu verlegen, da die Erdkugel noch heißflüssig, also plastisch wie die Thonkugel des Experiments war, und, einmal in dieser Richtung angelangt, faßte man die Existenz der Abplattung unmittelbar als Beweis jenes einstmaligen plastischen Zustandes. Das läßt sich nun in dieser Strenge heute nicht mehr belegen. Solange man für einen ehemals glutflüssigen Zustand der Erde auf andern Gründen fußen darf — und es giebt solche Gründe — steht der Annahme auch jetzt noch durchaus nichts im Wege, daß (wenigstens zum größern Teil) die Polabplattung in der That erworben sei bereits in jener Urzeit und somit ein Denkmal dieser stürmischen, sonnenähnlichen Vorvergangenheit unseres erkalteten Planeten noch heute uns vor Augen führe. Auf der andern Seite aber ist mit vollem Recht darauf aufmerksam gemacht worden, daß der Begriff „plastisch" ein überaus dehnbarer sei und daß selbst eine Theorie, die von einem ursprünglich durch und durch kalten, aus fester Mineralmasse zusammengebackenen Erdkörper ausginge, mit dem Aufgebot der nötigen ungeheuerlichen Zeiträume ebenfalls auf eine Abplattung hinauskäme. Wenn ich eine Gebirgsmasse der Erdoberfläche anschaue, so scheint es in alle Ewigkeit unmöglich, daß dieser harte Fels anders als durch vorherige feurige Schmelzung je gebogen und in sanfte, bruchlose Formen umgeschaffen werden könnte. Und doch zeigt sich, wo das Profil des Berges im Steinbruch oder an verwitterter Stelle ansteht, oft genug die harte Schieferschicht wellig gefaltet gleich völlig plastischer Masse, und die Lagerung beweist, daß die Faltung stattgefunden hat tief im Erdenschoße, unendliche Zeiträume nach den Tagen, da der Schiefer noch weiches Schlammmaterial, das der Ozean abgelagert, war. Vielleicht ist es der Druck der aufliegenden Massen gewesen, der die Schicht wieder weich gemacht hat. Jedenfalls aber hat der Prozeß sich abgespielt ohne Zusammenhang mit jenem ursprünglichen feurig-flüssigen Zustand der Gesamterde, und er beweist, daß auch dem solidesten Fels gegenüber „plastisch" ein weiter Begriff ist. Im Grunde genommen besteht ja doch auch der festeste Metallklotz aus einer beweglichen Masse, — wenn er erhitzt wird, weichen seine kleinen Teilchen auseinander, wenn er erkaltet, rücken sie zusammen — und hundert physikalische Vorkommnisse be-

weisen, wie wenig der Begriff „starr“ bedeutet gegenüber dem geheimnisreichen Leben jener winzigsten, unserm Auge unerreichbaren Bausteine, die den harten Diamanten so gut zusammensetzen wie die plastisch weiche Thonkugel. Wie nun, wenn die ganze Erdkugel, als durch und durch feste Masse von alters her begründet, doch auch als solche im Banne der Fliehkraft ihrer äquatorialen Teile, die ihnen die Rotation aufzwang, langsam nachgegeben und sich mit derselben zwar zähen, aber doch vorhandenen Nachgiebigkeit, die das Schiefergestein nachträglich in Falten gezwungen hat, vorgereckt und abgeplattet hätte?

Die vage Vermutung kann im Moment bereits durch ernste Experimente gestützt werden. William Thomson glaubt sich nach seinen Experimentalerfahrungen zu der Behauptung berechtigt, daß eine Kugel von der Größe der Erde bei gleicher Rotation — selbst wenn sie durchaus nur aus Stahl oder aus Glas bestände — mit der Zeit eine Polarabplattung erleiden müßte, die nur wenig hinter der vorhandenen der Erde zurückbleibt. Das giebt gewiß zu denken, selbst wenn man zugesteht, daß sich noch mancherlei im einzelnen einwenden läßt. Die Abplattung an sich kann jedenfalls nicht mehr als strenger Beweis des glühend-flüssigen Urzustandes selbst gelten. Nur wenn letzterer unabhängig nachgewiesen ist, darf man sich im Sinne der größeren Wahrscheinlichkeit dafür entscheiden, daß die Abplattung schon damals, wo die Chancen so sehr viel günstiger lagen, wenigstens bis zu einer gewissen Stärke erfolgt sein müsse.

In dieser kritischen Lage ist es nun die Gewichtsverteilung im Innern der Erde, die uns einige Hilfe gewähren kann von einem thatsächlich „unabhängigen“ Boden aus.

Unsere Kenntnisse vom wahren Gewicht der Erde sind verhältnismäßig noch sehr jung. Es mußten erst mit vielem Scharfsinn indirekte Methoden erfunden werden, um unseren schwachen menschlichen Mitteln, die ja alle an der Oberfläche der Kugel selbst zu haften gezwungen sind, eine Möglichkeit freien „Wiegens“ zu schaffen. Auf Grund einer Newton'schen Anregung bestimmten um 1775 Hutton und Maskelyne am Berge Shehallien in Schottland zuerst das Erdgewicht mit Hilfe der Lotabweichung. Der nahe Berg lenkte das Lot um eine bestimmte Ziffer von der senkrechten Stellung, die ihm die Gravitation nach dem Erdcentrum zuwies, ab. Ließ sich nun eine annähernde Ziffer für die Masse des Berges finden, so war es Sache einer höchst einfachen Rechnung festzustellen, wie viel schwerer die Erde als Ganzes wiege. Als Resultat fand sich, daß die Erdkugel 4,7 mal so schwer war als eine gleich große Kugel aus Wasser. Die Methode litt indessen an der Schwierigkeit, die Dichte, den Umfang und den Schwerpunkt einer großen Gebirgsmasse ganz exakt herauszubekommen. Auch die Messungen über Abnahme der Schwere auf hohen Bergen und umgekehrt über Zunahme in tiefen Schachten, — Messungen, bei denen das

unschätzbare Instrument des **Pendels** wieder seine Rolle bekam, behielten eine gewisse Unsicherheit, obwohl auch sie schließlich ein ähnliches Resultat ergaben. Entscheidend wurde 1797 die Meßmethode mit Hilfe eines besonderen Apparats, die **Cavendish** vorschlug. Zwei genau gleiche Kugeln werden an den Enden eines sehr gleichmäßig gearbeiteten Stäbchens aus Tannenholz befestigt und der Stab in der Mitte so an einem Faden aufgehängt, daß er mit den beiden Kugeln in horizontaler Ebene frei schwingen kann. Die Kugeln sind jetzt der Erdgravitation völlig entrückt, bloß die Drehkraft des Fadens sucht den Stab in eine Ruhelage zurückzuführen. Wenn man jetzt zwei große Bleikugeln den kleinen nähert, so bringen diese den Stab aus seiner Ruhelage, und aus der Ablenkung läßt sich die Ziffer für die Anziehungskraft ermessen, die die großen Kugeln auf die kleinen ausüben. Da auf der anderen Seite die Anziehungsstärke der Erde gegenüber den Kugeln direkt durch das „Gewicht" der letzteren gegeben ist, so läßt sich in einfachster Gleichung die gesuchte Unbekannte: das Verhältnis der Erdmasse zur Masse der großen Bleikugeln, errechnen. Cavendish fand den Betrag der Erdmasse 5,48 mal größer als den einer gleich großen Wasserkugel, und in der Nähe dieser Ziffer sind die späteren noch schärferen Untersuchungen alle stehen geblieben.

Das Resultat ist in hohem Grade interessant. Es sagt positiv etwas über **die Verhältnisse des Erdinnern** aus, — im Sinne nämlich des folgenden Gedankenganges. Die oberste Schicht der Erdkugel, die, welche unsere höchsten Gebirge zusammensetzt und andererseits noch die Sohle unserer tiefsten Bergwerke und Bohrlöcher bildet, setzt sich wesentlich zusammen aus Gesteinsmassen, die — bis zum Mittelpunkt der Erde fortgesetzt gedacht — der ganzen Kugel ein sehr viel geringeres Gewicht geben müßten. Wäre die Erde ganz aus sogenanntem Sedimentgestein, d. h. den verhärteten Schlammniederschlägen der Seen und Ozeane, gebildet, so könnte sie ein Gewicht von nur 2,6 im Verhältnis zur Wasserkugel von gleicher Größe haben. Bestände sie ganz aus Granit, so bliebe die Ziffer bei 2,7. Bei Basalt wüchse sie erst auf 3, bei den Olivingesteinen auf 3,5. Unter solchen Umständen bleibt kaum eine andere Annahme übrig, als **daß in der uns unzugänglichen Tiefe Massen von sehr viel beträchtlicherer Schwere sich finden müssen**, — und das Naheliegendste sind da **Metallmassen**, vor allem solche des im Kosmos so reich verbreiteten, in den Meteoriten vorherrschenden und selbst in der obersten Erdrinde noch relativ häufigsten Metalles: des **Eisens**.*) Diese Metallmassen müssen

*) Man denkt dabei an gediegenes Eisen, wie es in den Meteoriten vorkommt. An der Oberfläche der Erde zeigt sich gediegenes Eisen fast gar nicht, wesentlich wohl, weil Eisen an der feuchten Luft so rasch oxydiert. Ein sehr wertvoller Beleg würde sein, wenn irgendwo ein eruptiver Ausbruch gediegenen Eisens aus der Erdtiefe sich nachweisen ließe. Bis jetzt ist nur einmal (unter

aber — und hier setzt die Linie ein, die für den glühend-flüssigen Urzustand bedeutsam ist — nicht willkürlich an diese und jene Stellen verteilt im Innern der Kugel lagern, — es spricht vielmehr alles dafür, daß in konzentrischer Lagerung die Massen mit zunehmender Tiefe immer schwerer werden, bis endlich im mathematischen Mittelpunkte das Gravitationscentrum in den wirklich spezifisch schwersten Stoffen des ganzen Planeten seinen Ort findet: der Schwerpunkt fällt zusammen mit dem Mittelpunkt. Nimmt man das als Thatsache — und es läßt sich vorläufig kaum etwas dagegen einwenden —, so kann man in dieser Massenverteilung sehr wohl ein starkes, schwer erschütterliches Argument zu Gunsten des einstmaligen glühendflüssigen Zustandes erblicken. Nur unter Annahme eines solchen im weitesten Sinne plastischen Urstadiums ist die konzentrische Lagerung der Massen nach dem spezifischen Gewicht klar verständlich. „Man würde," sagt Ernst Koken mit vollem Recht, „den Zufall in die kosmische Ordnung einführen, wenn man zur Erklärung dieses Verhaltens nicht auf den feuerflüssigen Zustand rekurrierte."

Man sieht, daß die Abplattungsfrage von hier aus doch wieder ein anderes Gesicht erhält. Und im ganzen läßt sich sagen, daß die gegenwärtige Beschaffenheit der Erde entschieden der Annahme eines anfänglich sonnenähnlichen, glühendflüssigen Zustandes entgegenkommt, — jener Annahme, die uns aus kosmischen Analogiegründen, die im vorigen Buche ausführlich erörtert sind, ohnehin so außerordentlich wahrscheinlich geworden ist.

Die oben aufgeworfene Vorfrage ist damit erledigt. Dahinter aber dämmert ein neues Gebiet: das jener zerschlagenen Kohle, die innen noch glühte. Wenn denn die Erde einst heißflüssig war, — ist sie es heute noch im Innern? Die Fragestellung ist anders jetzt, und sie erfordert neue Hilfsmittel, neue, hochinteressante Thatsachenreihen.

In unserer von sozialen Stürmen bewegten Zeit gehört zu den bänglichsten Bildern das des Arbeiters in der Grabestiefe des Kohlenbergwerks. Zu den furchtbaren natürlichen Feinden, mit denen er beständig zu kämpfen hat, gehört unter anderm die zunehmende Hitze im

---

nicht ganz unbestrittenen Verhältnissen) etwas derartiges beobachtet worden. Nordenskjöld fand im Jahre 1870 in Ovifak auf der grönländischen Insel Disko mehrere kolossale Eisenblöcke von 8000—21000 Kg. Gewicht. Die Beimischung von Nickel und Troilit (Einfach-Schwefeleisen) legte zunächst die Vermutung nahe, daß es sich um eine kosmische Masse, ein herabgestürztes riesiges Meteor, handle. Merkwürdigerweise lagen die Blöcke indessen auf einem Basaltgang, also einer erkalteten Eruptivmasse des Erdinnern, und dieser sowohl wie andere Basalte der Insel enthielten kleine Eisenpartikelchen. Vielleicht haben wir hier also eine jener gewünschten Eruptionen, bei denen reines Eisen mit einer Basalteruption heraufgekommen ist, vor Augen.

Schacht. Die grausigste Folterkammer dieser Art ist der Comstockgang im Staate Nevada (Nord-Amerika), die reichste Gold- und Silbermine der Welt, die unter Umständen in 16 Jahren für 237 Millionen Doll. Edelerz liefert; die Arbeiter schaffen noch bei 46½° C.; noch tiefer, bei 50° hat man den Versuch aufgeben müssen. Ähnliche Höllen sind die großen Tunnelbauten der Neuzeit. Als der Gotthardtunnel an die Reihe kam, war kaum ein Arbeiter mehr vom Mont Cenis-Tunnel zu haben: fast alle hatte die Lungenschwindsucht als Folge der Temperatur im Bohrloch hingerafft. Entsetzlich, wie solche Daten vom Standpunkt humanen Denkens und wirtschaftlichen Verständnisses sind, weisen sie zugleich doch in ihrem sachlichen Untergrunde auf eine höchst eigenartige geologische Thatsache hin: das Anwachsen der Wärme nach dem Erdinnern zu.

Es ist für den Laien vielfach eine befremdliche Erscheinung, daß es wärmer wird, wenn man in der Erde abwärts dringt. Man denkt an den „kühlen Keller“ und hat sich an die genau umgekehrte Vorstellung gewöhnt. Der erklärende Sachverhalt ist der, daß man bei geringem Niedersteigen zunächst allerdings eine Art neutraler Schicht durchmißt, die sich in ihrem Verhalten sehr eigentümlich nach der Oberfläche regelt. Ein kleines Stück hinab: und die Schwankungen des täglichen Temperaturwechsels sind nicht mehr bemerkbar. Etwas tiefer: und es machen sich bloß noch die Jahresschwankungen geltend. Dann aber kommt eine Schicht, wo die Temperatur absolut konstant ist, und zwar entspricht sie der mittleren Jahrestemperatur des betreffenden Ortes. Bleibt die mittlere Jahrestemperatur unter Null, wie in den nördlichen Polarregionen zwischen 48 und 64° n. Br., so bleibt auch der Boden hier dauernd gefroren. Die Tiefe, wo diese konstante Linie läuft, ist in den verschiedenen Zonen sehr verschieden. In den Tropen beträgt sie bloß 1—2 m, und ebenso liegt jene ewige Gefrierschicht der Oberfläche sehr nahe. In unsern gemäßigten Breiten des mittleren Europa zählt man bis zur konstanten Linie 25—30 m: so befindet sich beispielsweise im Keller der Pariser Sternwarte ein Thermometer, das der arme Lavoisier, den die Guillotine hinraffte, im Jahre 1783 aufgehängt hat und das heute noch wie damals 11,6° C. (bei 27,6 m Tiefe) weist. Mit der konstanten Schicht endet das Reich der äußeren kosmischen Einflüsse, das Reich der Sonne. Wenn jetzt — tiefer hinab — Temperaturverhältnisse neuer und merkwürdiger Art sich geltend zu machen beginnen, so muß die Ursache in der Erde selbst liegen, und um so gespannter darf man also den weiteren Resultaten entgegensehen.

Diese Resultate sind, wie erwähnt, zuerst rein zwangsweise gewonnen worden in Bergwerken, später auch bei Tunnelbauten. Planmäßig aufgesucht hat man sie dann durch genaue Messungen in artesischen Brunnen und in den (allerdings bisher spärlich vorhandenen) Bohrlöchern, die gelegentlich eigens zum Zweck der Erforschung dieser Dinge noch etwas

tiefer getrieben wurden, als der praktische bergmännische Zweck es erforderte.

Daß eine Wärmezunahme jenseits der invariabeln, die mittlere Jahrestemperatur der Oberfläche konstant spiegelnden Erdschicht stattfinde, darüber war sich schon der alte Jesuitenpater Athanasius Kircher von Fulda um 1662 nicht mehr in Zweifel. Die große Frage war nur, ob sich darin eine Gesetzmäßigkeit, etwa eine Zunahme von 1° auf so und so viel Meter, nachweisen lasse. Man hat, um das nötige Fachwort hier gleich zu erläutern, für den Betrag an Metern, um den man eventuell von der invariabeln Schicht an abwärts steigen muß, um eine Temperaturzunahme von 1° C. oder R. zu erhalten, den Ausdruck gewählt „geothermische Tiefenstufe“ (von ge, griechisch: Erde, und thermos, griechisch: Wärme). Diese geothermische Tiefenstufe (falls eine existierte!) galt es also zu suchen.

Im Moment sind die entscheidendsten Ziffern, die man besitzt, unbedingt die aus unsern tiefsten preußischen Bohrlöchern, den tiefsten der ganzen Erde überhaupt, gewonnenen. Für das Jahr 1889 ergaben sich die folgenden Maße:

Bohrpunkte	Tiefe, für welche die Stufe berechnet wurde m	Länge der geothermischen Stufe (für 1° R.) m	Anzahl der Messungen
Schladebach bei Merseburg	6 –1716	46,09	387
Sennewitz bei Halle	754 – 1084	45,83	96
Lieth bei Altona	426 – 1259	43,84	17
Sudenberg bei Magdeburg	30 – 568	40,45	19
Sperenberg bei Berlin	220 – 1066	40,00	9

Lange Zeit war es das Bohrloch bei Sperenberg, das als z. B. tiefstes alle Rechnungen beherrschte. Sperenberg liegt 42 km südlich von Berlin. Am Ufer des kleinen Krummensees erhebt sich dort aus der Ebene ein 26,7 m hoher Hügel aus Gips. Gips tritt in der norddeutschen Tiefebene vielfach in Verbindung mit Steinsalz auf. So regte sich der Wunsch, hier auf Salz zu spüren, und das Ergebnis war das Bohrloch. 1867 wurde es in die Sohle eines alten Gipsbruchs eingetrieben. Zuerst zeigten sich 0,63 m Schutt, dann 88,18 m Gips und Anhydrit, — dann begann in der That das gesuchte Steinsalz. Aus wissenschaftlichen Gründen, die hier ausnahmsweise einmal die wirtschaftlichen noch überboten, wurde in der Folge das Loch bis zu 1272 m vertieft, ohne die Salzmasse zu durchdringen. Seitdem hat die Sperenberger Bohrung an Interesse verloren, da man in Schladebach wesentlich tiefer gekommen ist. Die dort gewonnene Ziffer: 1° R. Zunahme auf 46,09 m ist im Augenblick wohl die sicherste für die wahre geothermische Tiefenstufe. Wie man aus der Tabelle ersieht, differieren die Resultate aus den verschiedenen Bohrlöchern um ein paar

Meter. Das ist indessen kein Wunder, da jeder Wechsel im Gestein veränderte Wärmeleitung bedingt und damit die Regelmäßigkeit der Zunahme verschiebt, wozu noch das unvermeidliche Zuströmen verschieden temperierter Quellwässer als Erschwerungsgrund tritt. Weit widerspruchsvoller und unklarer sind die Ergebnisse aus den Bergwerken. Die erreichte Tiefe ist auch hier eine ansehnliche: z. B. der Adalberti-Hauptschacht im Silber- und Bleibergwerk von Pribram in Böhmen bis 1874 schon 1000 m unter der Oberfläche (451 m unter dem Meeresspiegel). Aber die eindringende Luft ändert die Temperaturverhältnisse, sobald der Schacht in Gebrauch ist, und chemische Vorgänge im Gestein (vor allem grade bei der am meisten in Betracht kommenden Kohle), die unabhängig Wärme erzeugen, verwirren die Ziffern aufs höchste. Bei dem Wasser der artesischen Brunnen (z. B. Rüdersdorf bei Berlin mit 696 m Tiefe) ist die geothermische Tiefenstufe zwar ziemlich regelmäßig, aus noch nicht klaren Gründen aber ein ganzes Teil kürzer als in den Bohrlöchern, — in vielen Fällen zwischen 26 und 36 m für 1° C. Beim Gotthardtunnel dagegen schien nach den sorgfältigen Beobachtungen von Stapff die Tiefenstufe dem Schladebacher Bohrresultat wieder ein wenig näher zu kommen.

Bleiben wir einstweilen bei dieser sichersten Ziffer — 46 m für 1° R. — stehen, so fragt sich nun bloß, wie weit eine Wärmezunahme in dieser relativ rapiden Form nach unten, ins Unbekannte hinein, weitergehend angenommen werden darf? Im Verhältnis zu den Dimensionen des riesigen Erdhalbmessers bedeuten die 1716 m von Schladebach nicht mehr als 1/3642, also verschwindend wenig: ein Nadelstich von 1/10 mm Tiefe in einem meterdicken Globus. Aber nehmen wir den Schluß vom Bekannten aufs Unbekannte einmal an und betrachten seine Konsequenzen. Entsprechend den uns bekannten Schmelzungsziffern für die Metalle würde bei regelmäßigem Fortschritt von je 1° R. auf 46 m bei 1845 m Tiefe das Kalium in Schmelzfluß geraten, bei 3632 m der Schwefel, bei 9062 Wismut, 15524 m Antimon, 36495 Silber, 45713 Gold, 56775 Roheisen, endlich bei 93001 Platin. Die höchste Gluthitze unserer Hochöfen reicht bis gegen 2280° R., — das paßte auf eine Tiefe von 104708 m oder 14½ geogr. Meilen. Man kann diese Ziffern noch etwas herunterschrauben unter Berücksichtigung der Thatsache, daß der hohe Druck der auflastenden Gesteinsmassen den Schmelzungspunkt weiter hinausschieben müsse, aber im ganzen wird man vor die Behauptung gedrängt werden, daß bei 20 Meilen Tiefe etwa die gesamte Erdmaterie sich in glühend flüssigem Zustand befinde. 20 Meilen sind nun auf die 1716 der Gesamtkugel immer noch ein sehr kleines Stück Wegs: beim meterdicken Globus entsprächen sie ungefähr 23 mm. Das Wort von der „Erdrinde“ wäre hier im eigentlichen Sinne am Platz, unsere bewohnbare Oberfläche ruhte als dünne Eierschale über einem im Verhältnis dazu ganz ungeheuerlich kolossalen, Verderben drohenden Hochofen.

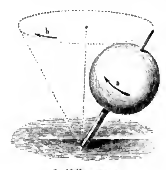
Ich habe den Leser mit Absicht bis an die Stelle geführt, wo die Theorie des feurigen Erdinnern sich scheinbar logisch ergiebt. Geschichtlich haben zu ihrer Begründung noch eine Anzahl Momente sehr entscheidend mitgewirkt, die erst weiter unten uns näher beschäftigen werden. Überall, wo aus der unerforschten Erdtiefe heiße Massen — sei es die Lava der Vulkane, sei es die dampfende Wassersäule einer kochenden Quelle — hervorbrachen, sah man die unmittelbare Reaktion jenes verborgenen, aber uns relativ doch noch sehr nahen Glutherdes vor sich. Die Vulkane stellten, mit Humboldts geistvollem Wort, gleichsam die Sicherheitsventile des großen Kessels unter unsern Füßen dar, die hin und wieder in heftiger Eruption die Spannung entlasteten, die sich sonst in furchtbaren Zuckungen der Kesselwände (Erdbeben) oder gar in einem Zerplatzen der ganzen Rinde (wie beim Aufleuchten eines sogenannten „neuen Sterns") hätte äußern müssen. Über die Dicke der Rinde allerdings stritt man sich. Arago und seine Schule dachten an 5 bis 6 Meilen, was im Bilde jenes meterdicken Globus grade etwa dem außen aufgeklebten Papier entsprechen würde. Das erschien den Späteren doch schon bedenklich, und sie machten Station erst bei den 20, die wir auch vorhin gewonnen haben.

Nun muß man eins bedenken. Die ganze Pyramide, die wir oben aufgebaut haben und der man in Arago's und Humboldts Tagen völlige Beweiskraft beimaß, steht und fällt mit einer einzigen Annahme: nämlich der wirklichen Fortdauer der Wärmezunahme nach dem Innern zu. Direktes für oder gegen ist bei unserer Unwissenheit jenseits der Schladebacher 1716 Meter nicht auszusagen. Wir wissen sogar zweierlei nicht: einmal nicht, ob die Wärme überhaupt (im Verhältnis der beobachteten geothermischen Tiefenstufe) zunimmt, — dann nicht, ob die geothermische Tiefenstufe sich nicht ändert nach innen zu. Letzteres müßte der Theorie nach sicher (im Sinne einer Verkürzung) stattfinden, wenn man sich einem Glutkerne näherte, — es ist aber von J. Hann in Wien zuerst mit Energie darauf hingewiesen worden, daß unsere Bohrlöcher noch so winzig sind, daß wir die Verkürzung noch gar nicht wahrnehmen können. So sind wir positiv blind auf beiden Augen in der ganzen Angelegenheit!

Es fragt sich nun nur, ob es nicht auch hier andere, aus entfernteren Gebieten mit Geschick herübergeholte Argumente geben kann, die trotzdem die Wage in einem Sinne belasten könnten, der die Wahrscheinlichkeit der Nichtfortdauer der Wärmezunahme größer machen würde. Der erste, der hier mit Mut und Zähigkeit als Angreifer die Waffen geregt hat, war Hopkins. Er stützte sich auf eine höchst komplizierte, aber auch höchst geistreiche astronomische Beweisführung.

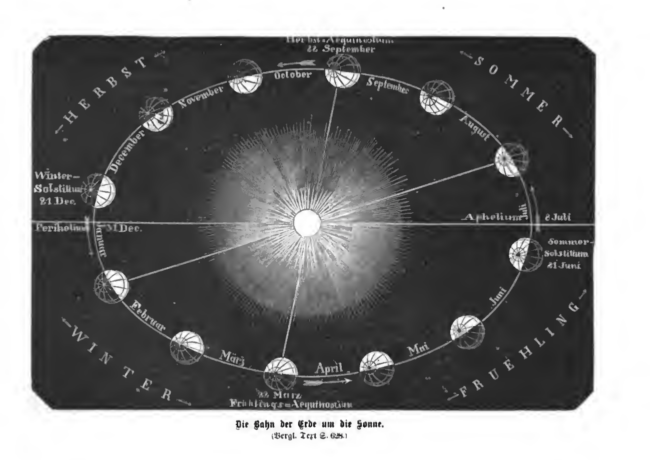
Man kann einem lebendigen Menschen ebensowenig das Gehirn ausschneiden und untersuchen, wie man die Erde, einem Dessertapfel gleich, mit dem Messer halbieren kann. Aus dem Leben, den Handlungen des

Menschen muß man rückschließend ergründen, wie wohl sein Gehirnapparat beschaffen sein mag. Nun, auch die Erde lebt in diesem Sinne, — auch sie begeht Handlungen. Und der Rückschluß ist auch hier ein erlaubter, wo immer er sich ermöglicht. Es giebt eine Handlung der Erde, die zu ihren allermerkwürdigsten gehört. Im Laufe von rund 26000 Jahren (so viel Zeit braucht ein planetarischer Koloß, wie dieser, unter Umständen zu seinen „Handlungen"!) vollführt die bekanntlich schiefe Erdachse eine richtige Kreiselbewegung (vergl. das Bild), bei der keinerlei faktische Änderung in ihrer Schiefe selbst eintritt, wohl aber für unsere Beobachtung höchst sonderbare Verschiebungen am Himmel sich äußern, z. B. eine von Jahr zu Jahr langsam anwachsende Veränderung des Himmelspols, der ja nichts anderes darstellt, als die gedachte Verlängerung der Erdachse selbst; während gegenwärtig diese Verlängerung der Erdachse über unsern Nordpol hinaus nicht ganz genau, aber ungefähr wenigstens auf den Stern im Bilde des kleinen Bären stößt, den wir eben seiner Lage nach als „Polarstern", als sichtbares Zeichen des Himmelspols, bezeichnen, richtete sie sich vor 4500 Jahren noch auf einen hellen Stern im nahen Bilde des Drachen (neben und zwischen dem großen und kleinen Bären) und in kommenden Jahrtausenden wird sie gar senkrecht zur herrlichen Wega im Bilde der Leyer stehn. Die Ursache dieser seltsamen Bewegung,



Kreiselbewegung.

der sogenannten Präzession, liegt in der oben ausführlich beschriebenen orangenförmigen oder ellipsoidischen Gestalt der Erde. Ein Körper, wie die Sonne, wirkt bei ihrer Anziehung, die sie auf die Erde ausübt, naturgemäß bei ihrer jeweiligen Stellung zu dieser Erde stärker auf die ihr zugewandten Teile der Erdoberfläche als auf den Mittelpunkt der Erde oder gar die abgewandte Hälfte. Wäre nun die Erde eine vollkommene Kugel, so hätte diese einseitige Anziehung keine andere Folge als die allbekannten Erscheinungen von Ebbe und Flut. Nun ist die Erde aber an den Polen platter, am Äquator vorgeschwollen, und ihre Achse steht zudem noch schief, so daß der Äquator außer zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen niemals in einer Ebene mit der Sonne ist. Dadurch aber bekommt die Sonne ganz andere „Anhaltspunkte" gleichsam für ihr einseitiges Zerren. Zur Zeit beispielsweise der Wintersonnenwende (vergl. das Bild) ist der Nordpol der Erde von der Sonne abgewandt, der Äquator aber mit seiner Anschwellung gewissermaßen über die Bahnebene herausgereckt. Notwendigerweise sucht die Sonnenkraft diese Anschwellung stärker zu sich herüberzu-



Die Bahn der Erde um die Sonne.
(Vergl. Text S. 628.)

reißen. Drehte die Erde sich jetzt nicht um ihre Achse, so wäre der allmähliche Erfolg ein solches Niederzerren, daß die Achse sich allmählich grade stellen und der Äquator dauernd mit der großen Bahnebene zusammenfallen müßte, — ein Vorgang, der alle unsere klimatischen Verhältnisse verschieben und damit die ungeheuerlichsten Veränderungen hervorrufen würde. Infolge ihrer Umdrehung aber behauptet die Erdachse an sich ihre konstante Schiefe gleich dem tanzenden Kreisel, der bald so, bald so geneigt werden kann, ohne daß er, solange die Bewegung gleichmäßig bleibt, den Winkel seiner Achsenstellung selbst änderte. Und so entsteht als Resultat bloß jene in langer Zeit sich vollziehende Drehung der Achsenrichtung und der Kreislauf des Himmelspols, den wir oben gekennzeichnet haben. Was die ferne Sonne zu Wege bringt, das leistet übrigens noch viel energischer der uns so nahe Mond, und erst aus dem Zusammengreifen dieser doppelten Wirkungen kommen die einzelnen Merkwürdigkeiten und Regelmäßigkeiten der ganzen Präzession zu stande, wie sie vor Augen steht.

So viel als nötige allgemeine Grundlage des Hopkins'schen Einwurfs. Hopkins schloß, gestützt auf die Thatsachen der Anziehung, die in der Präzession zum Ausdruck kommen, daß die ganze bestehende Drehung der Erdachse nur zu stande kommen könne, wenn man eine feste Erdrinde von mindestens 1300—1600 km Dicke voraussetze, daß sie aber auch durchaus denkbar sei unter Annahme einer durch und durch starren Kugel. Es wäre gewiß in hohem Grade interessant gewesen, auf diesem astronomischen Umwege eine definitive Entscheidung zu ermitteln. Leider hat sich aber Hopkins' Rechnung bei allem Scharfsinn doch nicht als vollkommen stichhaltig erwiesen. Sie würde nur stimmen unter der Voraussetzung, daß man es im Erdinnern zu thun hätte mit einer absolut starren Schale und einem absolut beweglichen flüssigen Kern. Daß vielen Geologen ein ähnliches Bild vorgeschwebt hat, ist sicher, und auf sie würde Hopkins' Argument passen. Aber die besonnenere geologische Annahme, die heute jedenfalls allgemein im Vordergrunde steht, giebt dem Erdkern die Eigenschaft zäher Flüssigkeiten, die, in eine feste Hülle gebracht, sich eben infolge ihrer Zähigkeit und der Reibung nicht viel anders bewegen dürften, als wenn die ganze Masse einheitlich starre Substanz wäre. Champagneur in Paris hat experimentell an Glasballons mit zähen Flüssigkeiten nachgewiesen, daß bei kleinen Schwingungen des Ballons der Inhalt in jeder Hinsicht die Bewegung der starren Glashülle mitmachte. Um kleine Schwingungen handelt es sich aber bei der Erde ausschließlich, wie aus der enormen Periode von 26 000 Jahren hervorgeht, — und so kann Hopkins' Feldzug im Moment wohl doch als gescheitert gelten.

Von einer ganz anderen, rein geologischen Seite aus haben Poisson und, in erweiterter Form an ihn sich anschließend, William Thomson

die Hypothese vom glutflüssigen Erdkern angefochten. Die gangbare Annahme war, daß man in diesem Glutkern den Rest eines anfänglichen Glutzustandes der ganzen Erde vor sich habe — im Sinne der alten, gelegentlich schon von Leibnitz verfochtenen und später von Laplace so folgerichtig begründeten Theorie. Wie aber, wenn sich experimentell nachweisen ließ, daß ein solcher glühendflüssiger Ball der Urzeit erkaltend gar nicht zur Bildung eines Centralfeuers führen konnte? Poisson (und nach ihm mit ähnlichem Grundgedanken Thomson) gab allerdings auch zu, daß die ersten Spuren der Erkaltung in Gestalt harter Schollen sich an der Außenseite des Glutballes gezeigt haben müßten. Aber vermöge ihres spezifisch größeren Gewichts mußten sie in dem Feuermeer einsinken, und es kam im Gegenteil grade zunächst jetzt zur Bildung eines starren Centralkerns, von dem aus nach und nach die Festigung der zähen Massen gegen die Außenrinde fortschritt. Diese Lehre, die eine noch bestehende innere Glut notwendig ganz leugnen mußte, vernachlässigte allerdings vollkommen die geothermischen Werte der Bohrlöcher und Bergwerke und bedurfte hier der kühnsten Hilfshypothesen. Aber es fragte sich, ob ihr Grundgedanke nicht dennoch logisch unanfechtbar war, so daß man mit ihm rechnen mußte, koste es, was es wolle. Wiederum — wie bei Hopkins — ist es das Experiment, in diesem Falle das verbesserte, gewesen, das den Irrtum des Angriffs schlagend aufgehellt hat. Schon früh ist (von Silvestri am Ätna 1865) darauf hingewiesen worden, daß die heiße vulkanische Lava, von der viele Geologen annehmen, daß sie ein direkter Erguß des heißflüssigen Erdinnern sei, und die jedenfalls von allen zugänglichen Stoffen die größte Verwandtschaft mit einer solchen hypothetischen Masse des Erdcentrums zeigt, durchaus nicht so erkaltet, wie die Poisson-Thomson'sche Theorie es verlangt. Auf der frischen Lava bildet sich, anstatt daß die ersten erkalteten Schollen nach unten sinken, vielmehr eine dünne, aber feste, kalte Haut, — so fest, daß sie einen Menschen schon ohne Gefahr tragen kann, während der eigentliche Lavastrom noch so glutflüssig ist, daß er mit dem Daraufstehenden sich langsam vorwärts bewegt. Das war eine an sich nicht weiter diskutierbare Thatsache, die gegen Thomson sprach. Viel wichtiger aber sind die in allerneuester Zeit angestellten Experimente geworden, die uns über das Warum des Nichteinsinkens frischer Erkaltungsschollen auf zähflüssigen Massen direkt unterrichten. Jedermann weiß, daß Wasser allerdings an der Decke gefriert: das entstandene Erstarrungsprodukt, das Eis, ist in diesem Falle leichter als das noch flüssige Wasser. In der Regel stellt man das aber als eine ausnahmsweise Erscheinung hin: als normaler Verlauf (auf den sich auch Poisson-Thomson stützten) gilt vielmehr, daß ein Körper sich beim Starrwerden zusammenzieht, dichter wird und also zu Boden sinkt. Nun haben seit ein paar Jahren Nies und Winkelmann den Experimentalbeweis erbracht, daß thatsächlich doch auch

bei Eisen, Wismut, Messing, Basalt, Glas, Granit u. s. w. im Moment des Übertritts vom flüssigen in den festen Aggregatzustand eine gewisse räumliche Ausdehnung und entsprechende Gewichtsverminderung eintritt, die dazu genügt, daß die Schollen von etwas zähen Flüssigkeitsmassen getragen werden. Sind diese Versuche ohne Fehlerquelle, worüber erst die Zukunft entscheiden kann, so ist nicht nur das Verhalten der Lava erklärt, sondern auch die Poisson-Thomson'sche Theorie so ziemlich über den Haufen geworfen, — wenigstens ihres einzigen scharfen Arguments beraubt.

Eine Reihe von Schlüssen Thomsons, die sich an die einmal für ihn feststehende Starrheit des Erdkörpers durch freiere (s. oben S. 621) Fassung des Begriffes „starr" anfügten: Reaktion selbst einer durch und durch stahlharten Erdkugel auf die Flutanziehung von Mond und Sonne u. s. w., sind in hohem Grade interessant, aber durch die hier verzweifelt schwere Beobachtung vorläufig noch nicht so weit bewiesen, daß man sie umgekehrt zu Argumenten der Starrheit selbst erheben könnte.

G. H. Darwin, der scharfsinnige Sohn des großen Charles, hat in Verteidigung der Thomson'schen Ideen darauf aufmerksam gemacht, daß bei einer 100 Kilometer dicken Rinde über einem Erdkern von zähflüssiger Lava die Ebbe- und Fluterscheinungen, wie wir sie jetzt haben, nicht mehr möglich wären, da die allgemeine Nachgiebigkeit der ganzen Rindenteile schon zu groß wäre, und er schließt von hier aus auch wieder auf einen durch und durch starren, aber in seiner Starrheit elastischen Erdkörper. Zwingend ist der Beweis nicht, — er legt höchstens nahe, die Dicke der Rinde recht beträchtlich anzunehmen, wozu aber auch sonst schon den überzeugungstreuen Anhänger des Centralfeuers alles drängen wird. Die umgekehrte Annahme — um das hier nebenbei einzuschalten —: daß grade eine Art innerirdischer Ebbe und Flut, die die Auslösung zu Erdbeben geben soll (bei bestimmtem Sonnen- und Mondstande), die Existenz einer beweglichen Glutmasse in der Tiefe beweise — diese Annahme ist zwar von Rudolf Falb mit großer Sicherheit durch zahlreiche Schriften und Vorträge populären Inhalts in die breiten Massen getragen worden, ohne aber deswegen vorläufig in geringerem Grade problematisch zu sein bei der Mangelhaftigkeit des Materials und dem verzweifelten Eiertanz zwischen lauter Zirkelschlüssen und willkürlichen Deutungen.

Noch ehe jene Ries'schen Experimente die feste Kernbildung beim Erkalten so sehr stark ins Unwahrscheinliche gezogen hatten, waren von verschiedensten Seiten Vorschläge zu Vermittelungshypothesen gemacht worden. Poullet Scrope, Dana, auch Hopkins neigten zu der Ansicht, es möchten am Ende beide Arten der Abkühlung nacheinander eingetreten sein. Zuerst bildete sich im Centrum ein fester Kern, von dem die Verfestigung langsam nach außen wuchs. Dana dachte sich den so entstandenen Kern als kompakte Masse von Eisen. Dann aber, von be-

stimmtem Moment ab, trat bei der zuletzt noch flüssigen Außenschicht jene Rindenbildung wie bei der Lava ein. Sie bewirkte, daß in einer Tiefe etwa zwischen 8 und 108 Meilen noch heutigen Tages ein zähflüssiger Glutrest übrig geblieben ist, der die geothermische Tiefenstufe erklärt, andererseits aber doch gering genug ist, um die astronomischen Bedingungen nicht zu verschieben. Einen besonders fördernden Ausweg kann man auch in dieser Vermittelungshypothese nicht erblicken, solange eben nicht klar einzusehen ist, wie ein centraler Kern überhaupt zu stande kommen soll. Wahrhaft verzweifelte Versuche haben sich an sie angeschlossen, gewisse Details aus neuerer Forschung in die Lehre von der glutflüssigen Zwischenschicht einzuordnen. Es zeigte sich gelegentlich, daß das Bleilot, das sonst so gut auf oberirdische Bergmassen reagiert, grade Kolossen wie dem Hamalaya gegenüber gleichsam widerspenstig blieb und sich nicht ablenken lassen wollte. Airy folgerte, die Glutmasse der Zwischenschicht habe ein größeres spezifisches Gewicht als die Rinde. Unter den kolossalen Gebirgsstöcken sei nun die Rinde tiefer in die weiche Masse eingetaucht und somit ein größerer Untergrund reiner, also relativ leichterer Rindenmasse hier geschaffen, der sich in Abnahme der Schwere bemerkbar mache. Diese eine Hilfshypothese, zu der sich eine ganze bunte Gesellschaft noch hinzufinden ließe, mag als Beispiel dafür genügen, wie lose und willkürlich kühn hier alles noch ist und wie beständig unerklärte Faktoren hinzu erfunden werden müssen, um die Erklärung für die bestehenden Unbekannten möglich zu machen, — ein Weg, der ins Blaue führt.

Was am meisten unsere Spekulation bei der ganzen Debatte verwirrt, ist unsere völlige Unkenntnis darüber, wie sich die uns bekannten Elemente verhalten gegenüber einem so ungeheuerlichen Drucke, wie er im Erdinnern herrschen muß. Es wird sich da ziemlich wahrscheinlich um einen Druck von etwa drei Millionen Atmosphären für das Centrum handeln. Vor solchem Druck entstehen Fragen, denen wir schon einmal früher bei der Sonne begegnet sind. Es ließe sich sehr wohl denken, daß das Erdinnere mit Gasen gefüllt wäre, die nach jenem dort eingehend dargelegten Gesetz vom „kritischen Punkt" vermöge ihrer enormen Erhitzung trotz des Riesendrucks gar nicht flüssig im echten Sinne werden können, sondern in jenen eigenartig zähen, pechähnlichen Aggregatzustand geraten sein müssen, der auch für das Sonneninnere neuerdings so gern angenommen wird. Erst relativ nahe zur Oberfläche würde eine wirkliche Verflüssigung und chemische Vereinigung möglich werden, — auf welchem Umweg so allerdings auch hier eine Art glutflüssiger Zwischenschicht, wenn auch in ganz langsamen Übergängen, in die Rechnung geriete. Wie die Dinge liegen, kann man nicht sagen, daß diese letzte Hypothese die schlechteste sei. Aber auch sie arbeitet mit Druckziffern, die unsere Laboratorien nicht kennen, und das bleibt ihr dunkler Punkt.

Der Leser wird aus dem Hypothesengewirre, in das ich ihn eingeführt, und wo immer Satz gegen Satz steht, das eine entnommen haben: daß die Lehre vom glutflüssigen Erdinnern heute noch in keiner Weise als Dogma verbreitet werden kann. Wenn irgendwo, so ist hier alles offen. Ein scharfer und kühner Denker in der Geologie wie Melchior Neumayr, der an sich keineswegs vor Kombinationen zurückschreckte, wo sie not thaten, hat vor ein paar Jahren als Resultat der Debatte klar formuliert: „Daß die Erde früher in heißflüssigem Zustande sich befand, daß in ihrem Innern sehr hohe Temperaturen herrschen, dürfen wir als erwiesen annehmen; ob geschmolzene Massen noch im Innern vorhanden sind oder ob die Erde vollständig starr ist bis zum Mittelpunkt, darüber ein bestimmtes und berechtigtes Urteil auszusprechen, ist unmöglich."

Dieses resignierte Eingeständnis ist für die „Entwickelungsgeschichte der Natur" von einer außerordentlichen Bedeutung. Es mahnt uns daran, daß wir wieder einmal an einer bedeutsamen Stelle uns hüten sollen, alle Fäden von einer Spule spinnen zu wollen. Denn eine bedeutsame Stelle in der That ist es, vor die uns die Debatte geführt hat. Die Astronomie, der wir im voraufgehenden Buche gefolgt sind, hat uns, mit mancherlei schwer widerlegbaren Gründen, die Erde überlassen in einem sonnenähnlichen Zustande. Ihre Glut nahm ab, — es entstand eine feste Decke und auf dem dunkeln, nur von der Sonne selbst beleuchteten Planeten sollten wir weiterer, ganz neue Gebiete erschließender Erscheinungen gewärtig sein. Wir spähten in die Tiefe des Erdballs, um noch einen Nachhall der alten Feuerstürme zu entdecken. Die Antwort, die heraufschallte, war dunkel und zweideutig. Dafür gewahren wir aber an der im hellen Sonnenlicht erglänzenden, modernen, von uns bewohnten Oberfläche einen Kreis äußerst erklärungsbedürftiger Phänomene. Diese Erdrinde, von der wir vorläufig nicht wissen, wie dick sie ist und was sie unter sich birgt, ist jedenfalls seit alters der Schauplatz höchst bewegter Vorgänge. Sie lebt in ihrer Art. Gebirge steigen an, an anderen Orten senkt sich die Fläche. Unheimliche Zuckungen lassen die Feste im Erdbeben erzittern. Aus tiefen Löchern brechen heiße Quellen, ergießt sich glutflüssige Lava. Bald unendlich langsam, bald ruckweise und plötzlich arbeitet da etwas von unten herauf. Ich habe erwähnt, wie eine frühere Geologenschule, überzeugt von der Existenz eines vielleicht nur wenige Meilen unter unseren Füßen wogenden Feuermeeres, alle diese Phänomene — vor allem die des Vulkanismus — einfach auffaßte als Reaktionen dieses Glutinnern gegen die harte Rinde: der Kessel zitterte, die Wände blähten sich, endlich thaten sich Ventile auf und ein Überschuß der glühenden Masse floß ab. Die Kräfte der schaurigen Tiefe — aus mehr oder minder unbekannten Ursachen sich emporarbeitend —

waren die großen Bildner der sichtbaren Oberfläche. Je dünner die Rinde, desto nachhaltiger die Reaktionen. So sah man zurück auf eine Erdentwickelung, in der es immer gewaltsamer zuging.

Unser skeptisches Urteil gegenüber dem, was wir in Wahrheit vom Erdinnern wissen, verbaut uns zunächst diesen bequemen Weg. Die gewiß erstaunlichsten Phänomene der anorganischen Erdrinde — Vulkanismus und Gebirgsbildung — nötigen uns allerdings jetzt auch zu eingehender Betrachtung. Aber wir müssen vom Thatbestand dabei ausgehen. Vielleicht daß zum Schluß aus ihnen noch einmal rückwärts ein schwaches Dämmerlicht fällt auf jene Grundprobleme, die wir im voraufgehenden behandelt haben. Jedenfalls aber sind wir nicht mehr im stande, sie einfach als Illustration dessen zu benutzen, was sonst schon unsere Wissenschaft vom Erdinnern lehrt. Sie lehrt eben nichts Gewisses. Sie verweist uns auf eigenes Lernen vor andersartigem Stoff. So sind wir jetzt für eine Weile ohne eigentlichen entwickelungsgeschichtlichen Faden. Sehen wir, ob wir ihn inmitten einer Fülle wunderbarer, die Phantasie an sich schon mächtig anregender Thatsachen wiederfinden, — zunächst im Gebiete des Vulkanismus.

Eine Wanderung durch die vulkanischen Gebiete der Erde.

Die moderne Art, weite Reisestrecken hintereinander mit der Bahn zurückzulegen und eine Fülle wechselnder Landschaftsbilder bloß durch einen flüchtigen Blick aus dem Coupéfenster auf sich wirken zu lassen, hat der Tiefe des Naturempfindens in unsern Tagen einen schweren Schaden gebracht, den unsere gesamte Kulturentwickelung noch zu büßen haben wird.

Nur in einem einzigen Punkte bewährt sich die bedenkliche Methode, — wenn schon auch hier nur für das ohnehin geschulte Auge.

Sie zwingt aufdringlich zum Erfassen gewaltiger geologischer Kontraste.

In diesem Sinne ist selbst eine gewöhnliche abgehetzte Touristenfahrt im Schnellzug von Deutschland bis ins Herz von Italien in ganz einzigartiger Weise lehrreich. Unter dem dämonisch wilden Faltengewirre des Schweizer Urgebirges, dessen höchste, von der Luft- und Feuchtigkeitswirkung zu schroffen Zacken abgenagte Wellen die ewige Schneegrenze weit über-

ragen, geht es in schwarzem Tunnel hinweg in die platte, kanaldurchzogene, mit dem fetten Grün geselliger Kulturpflanzen breit überlagerte oberitalische Ebene. Dann, an den Märchenufern der Riviera, das Wasser, das Meer in seiner blauesten, ästhetisch herrlichsten Entfaltung, — Bucht um Bucht umschmeichelnd, wo über dem schneeweißen Sande kaum ein paar Schritte landeinwärts die südliche, üppigere Schwester unserer nordischen Kiefer, die Pinie sich wie ein smaragdenes Moosbüschel an rotem Stamme wiegt. Wieder dann, als vollkommener Kontrast, der öde Staubboden der römischen Campagna, altes Gemäuer, zerfallende Wasserleitungen, ein verwitternder, entblößter Kulturgrund, — nicht ohne Farben, aber jede Abstufung dieser bunten Farbtöne nur ein Beleuchtungseffekt des Himmels auf der grellen, scharfrandigen Mineralwelt der nackten Erdkruste, vor der die dünne Vegetation völlig erlahmt.

Reich, groß, wie diese Bilder sind: gewisse Analogien mag der liebevolle Kenner der nordischen Heimat immer noch finden. Es giebt Momente, da in einer klaren Spätsommerstimmung die Meeresküste auf Inseln der Ostsee an die Riviera gemahnt, und die deutsche Heide in ihrer Dürre, unter der bei jedem Sandsturz der grellfarbige Erdgrund aufblickt, hat Stimmungen aus der Campagna, die sich aufdrängen, wenn man die römische Öde kennt.

Dann aber, südwärts von Rom, da, wo das Land sich öffnet gegen Capua und das Thal des Volturno hin, erwartet den Reisenden mit dem größten aller Kontraste zugleich auch der fremdartigste. Der Bahnzug führt ihn durch ein Paradies. Alles, was die alte Erde besitzt an Saft und üppig grüner Fülle schlingt sich in den Kulturen ringsum zu einem dichten, berauschenden Gewirre zusammen. Da auf einmal, über all den rebenumrankten Bäumen, all dem Blütenwald erhebt sich fern ein dunkel formloses, isoliertes Bergeshaupt wie der schwarze Kopf eines Ungetüms. Eine schneeweiße Wolke hängt zäh daran, wie ein Glutatem, der selbst in dieser Südhitze sich nicht zerstreuen, nicht verdampfen will. Das ist der Vesuv, der erste thätige Vulkan, den der deutsche Wanderer zu Gesicht bekommt.

Was die Heimat hierzu ganz fern Verwandtes bot, daran ist er wahrscheinlich stets achtlos vorbeigegangen. Und eine echte Analogie gab es auch wirklich nicht. Wie er heute dasteht, immerzu dampfend, brodelnd, kochend in seinem Kraterschlund, ist der Vesuv der einzige wirklich thätige Feuerberg des Festlandes von Europa, und mit Recht knüpft eine Betrachtung der vulkanischen Erscheinungen der Erde bei ihm gleichsam als dem Patriarchen aller Vulkanforschung an.

Der Vesuv hat die Menschheit zuerst gezwungen, über das Geheimnis der vulkanischen Kräfte nachzudenken. In ein blühendes Land gesetzt, das früh das Los zog, eine Kulturstätte des gen Westen vordringenden höheren

Menschentums zu werden, hat er wie ein launenhafter Tyrann in unbezwingbarer Felsenburg die Harmlosen zu seinen Füßen periodenweise aufs entsetzlichste gebrandschatzt, bis sie aufmerksam auf seine Tücke wurden und sich notwendig fragen mußten, wer dieser mörderische Geselle sei, den die Natur da als Störenfried in ihren schönsten Garten gestellt. Das Menschengeschlecht hatte ja allerdings seit alters nicht im Paradiese gelebt. In tausend bangen Stunden hatte geheimnisvolles Leben der Erdrinde es bedroht, bald als verheerende Riesenflut, die als Weltuntergang erschien, bald als Feuer und Schwefel, die über Städte niederregneten wie die sagenhaften Sodom und Gomorrha, bald als Erdbeben, das die Cyklopenmauern der unbezwinglichsten Festung in den Staub niederwarf. Dennoch hat die erste große Regung des Vesuv, von der uns geschichtliche Überlieferung geblieben ist, eine wirklich einzigartige Bedeutung. Sie fiel in die Abschlußtage des ersten tieferen Sichbesinnens der Menschheit auf die Natur, das Rätsel des sichtbaren Universums zu ihren Häupten wie zu ihren Füßen. Ein namhafter Naturforscher der Zeit, Plinius, ging bei ihr zu Grunde. Und in seltsamster Verknüpfung der Dinge sollte es auch noch ihr Los sein, unter allen denkbaren Schrecknissen, in Gestalt zweier ganzer Städte ein Stück äußeren Lebens jener Tage so eigenartig unverwüstlich zu begraben, daß in unserm Jahrhundert der rückschauenden Forschung nach der Entwickelungsgeschichte der Kulturmenschheit ein unberechenbar großer Gewinn daraus erwachsen ist. In diesem Sinne ist der Vesuv nicht nur als der einzig thätige Vulkan des europäischen Festlandes der naheliegendste Typus zur Schilderung eines Vulkans überhaupt, sondern er macht auch geschichtlich mit seinem ersten bekannten Ausbruch einen entscheidenden Einschnitt für die Menschheit im allgemeinen und die geologische Forschung im engern. Zugleich wird seine Gestalt, wie sie heute vor uns steht und wohl den meisten Lesern auch dieser Zeilen — den glücklicheren durch wirklichen Anblick, den andern wenigstens aus allverbreiteten Bildern — längst bekannt sein dürfte, — nur verständlich eben durch seine Geschichte. Wir sind an den Vulkanismus herangetreten mit der Absicht, Stätten der Erdrinde kennen zu lernen, da ein seltsames Leben aus der Tiefe heraus sich regt, — wenn wir auch vorerst zugaben, noch nicht ohne weiteres zu wissen, auf welche Entwickelungsphase der Erde grade diese Äußerungen des Erdlebens hinwiesen. Die Thatsachen selbst werden uns belehren, wenn wir ihnen nur jetzt mit der nötigen Sorgfalt im Detail nachgehen.

So nahe bei Rom begründet, auf italischem Boden, mit dem wir unwillkürlich immer das Bild der Römerherrschaft verbinden, war die erste Kulturblüte, die sich am Fuße des Vesuv entfaltete, doch durchaus ein Sproß des Griechentums. Sie blieb es, auch als die Gesetze der sieben Hügel am Tiberstrom hier Gehorsam forderten. Und Griechisch schreibende Gelehrte sind es denn auch gewesen, die uns um die Wende

zur römischen Kaiserzeit die ersten Nachrichten vom Berge Vesuvius überliefert haben. Aller Wahrscheinlichkeit sah er damals ungefähr so aus, wie ihn das Bild auf S. 102 dieses Bandes darstellt. Nichts regte sich in ihm. Keine Wolke stieg empor, kein Feuerschein leuchtete nächtlich, wie heute, zu dem fernen Felseneilande Capri hinüber. Nur die seltsame Kesselform gab zu denken. Und bedentsam klingt es aus den Worten des vielgewanderten Geographen Strabo (um Christi Geburt) wie eine Mahnung, vor dieser Steinruine doch auf der Hut zu sein, wenn er schreibt: „Über den Städten Pompeji, Herkulaneum und Stabiä ragt der Berg Vesuvius. Schöne Fluren bedecken ihn bis zum Gipfel. Aber dort oben bildet er eine unfruchtbare Ebene. Seine Farbe gleicht der Asche, und seine zerrissenen Klippen aus rußigem Gestein sehen aus wie vom Feuer verzehrt. So könnte man wohl den Schluß ziehen, der Berg habe einst Feuerschlünde besessen, die erloschen sind, als der Stoff ausgegangen war." Der „Stoff" war thatsächlich nicht ausgegangen und die Ruhe des Riesen ein Trugbild, dem allerdings viele Jahrhunderte recht gegeben hatten.

Am 5. Februar des Jahres 63 n. Chr. — in Rom tollte Nero auf dem Thron — gab es gewissermaßen einen ersten, anmeldenden Ruck von unten — ein furchtbarer Stoß warf in der 9 km vom Gipfel entfernten Stadt Pompeji die Tempel des Forums, den Gerichtshof, mehrere Theater und eine Menge Privathäuser über den Haufen. Das Signal war deutlich genug. Aber noch ahnte die Wissenschaft der Zeit nichts von einem Zusammenhang der Erdbeben mit vulkanischen Ausbrüchen. Man richtete sich von neuem wohnlich ein, die zerbrochenen Säulen wurden ersetzt, die Häuser wieder aufgebaut. Noch ragten die Baugerüste aller Orten, da kam mit grausenhafter Folgerichtigkeit der zweite Akt. Am 24. August 79 platzte der Berg und die volle vulkanische Thätigkeit entfaltete sich zum Verderben aller, die leichtfertig in der Nähe ihre Städte gegründet hatten. Ein lehrreiches Dokument — anziehend auch durch die Freundschaft zweier großer Männer der Zeit — hat uns in zwei Briefen des jüngeren Plinius an den Historiker Tacitus einen ziemlich eingehenden Bericht über die Katastrophe bewahrt. Plinius, der Neffe des gleichnamigen Naturforschers, schildert darin seine eigenen Abenteuer an einem ziemlich weit von Pompeji entfernten Fleck, und in einem zweiten Schreiben die Tragödie seines Onkels, der inmitten der Schauernacht selbst sein Ende fand.

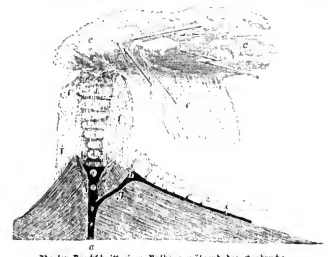
Am 24. August um 1 Uhr wurde, wie der Neffe berichtet, dem älteren Plinius, der damals Befehlshaber der am Cap Misenum aufgestellten Flotte war, von seiner Schwester gemeldet, es erhebe sich eine Wolke von unerhörter Größe und Gestalt über dem Vesuv. Plinius besteigt sogleich einen aussichtsfreien Ort und sieht die Wolke „in Gestalt einer Pinie" halb weiß, halb dunkel sich ausbreiten. Indem kommt auch schon eine Alarmnachricht aus Resina mit der Bitte, den erschreckten Schiffsleuten zu Hilfe

zu eilen. Der Admiral läßt einen Vierruderer in See gehen und fährt selbst hin. Schon beginnt auf das Schiff immer heißer und dichter Asche niederzuregnen, auch Bimsstein und schwarze verbrannte Schlacken fallen. Die versuchte Landung wird durch eine jäh entstandene Untiefe unmöglich gemacht, Plinius geht bei Stabiä (einer der nachher mit verschütteten Städte) ans Land. Vom Vesuvgipfel leuchtet eine hohe Feuersäule, und in der Nacht häuft sich im Hof die Asche so, daß morgens kaum noch ein Ausgang frei gemacht werden kann. Alles flüchtet jetzt, mit Kissen über dem Kopf zum Schutz gegen die Steine und bei Fackelschein, da der Aschenregen den Tag verfinstert. Das nahe Meer braust und ein erstickender Gasgeruch macht sich merkbar. Solche Gase, aus einer Spalte jäh ausströmend, setzen Plinius' Flucht ein jähes Ende. Auf zwei Sklaven gestützt, wollte er dem Meere zuschreiten, sank aber, kurzatmig wie er ohnehin war, von dem Dunst erstickt, tot zu Boden.

In Misenum selbst, wo der Neffe zu seinem Glück geblieben war, stob alles in ähnlich jäher Flucht auseinander. Hinter den Flüchtenden kam der Dampf her wie ein auf die Erde gegossener Strom, erzählt der Gerettete. Auf der Landstraße kollerten die eilenden Menschenmassen in ihrer Hast und der Finsternis übereinander und zertraten sich. Denn eine Nacht brach mitten am Tage auch hier herein, nicht „wie eine mondlose oder neblige, sondern schwarz, wie wenn in verschlossenem Zimmer das Licht gelöscht wird". Im Dunkel schrieen, beteten und fluchten tausend Stimmen. Immer dichter aber fiel die Asche, so daß die Hingekauerten alle Augenblick aufstehen mußten, um sie von ihren Kleidern abzuschütteln. Als später endlich die Sonne wieder sichtbar wurde, lag die Landschaft unter der Asche wie in einer Schneedecke da.

Naiv, aber ohne phantastische Ausschmückung, wie diese Schilderung ist, giebt sie eine ganze Reihe charakteristischer Züge der vulkanischen Thätigkeit mit vollkommener Anschaulichkeit wieder. Wir sehen, wie ein Vulkan nach langer, wahrscheinlich vielhundertjähriger Ruhe plötzlich wieder losbricht, als sei auf einmal in der Tiefe irgend ein Hemmnis beseitigt, das ihn so lange zurückgestaut. Erdbeben verkünden zuerst das Erwachen unterirdischer Thätigkeit. Dann fährt aus dem neu durchbrochenen Kraterboden eine ungeheuere Wolke, teils weiß, weil ihr eigentlicher Bestandteil Wasserdampf ist, teils fleckig schwarz von mitgerissenen Mineralmassen: Steinen und feiner Asche. Sie zeigt im ganzen die Gestalt einer „Pinie", (wie Plinius sagt und wie es seit ihm Fachausdruck geworden ist), indem sie sich oben auseinanderbreitet, gleichsam eine breite Krone bildet, aus der sich die aufgewirbelten Mineralmassen als Stein- und Aschenregen, die Dampfmassen als furchtbarer Gewitterregen unter Donner und Blitz weithin über das umliegende Land ergießen. In diesem Falle, wo es sich wohl um

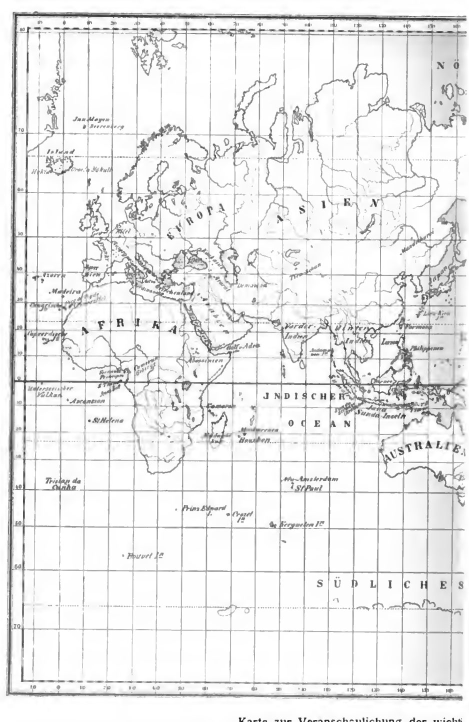
die Explosion eines mit derben Massen durch und durch verstopften Kraters handelte, war der Wolkenbruch von meist kleinen Steinchen (heute in Italien lapilli, auch rapilli, genannt) und Asche ein so enormer, daß die ganzen Städte Pompeji, Stabiä und Herkulaneum völlig verschüttet wurden, — bei dem in unserm Jahrhundert zu einem Dritteil wieder ausgegrabenen Pompeji in einer Mächtigkeit von 10—12 Fuß über den Dächern der höchsten Gebäude. Bei Herkulaneum wurde die Verschüttungs-



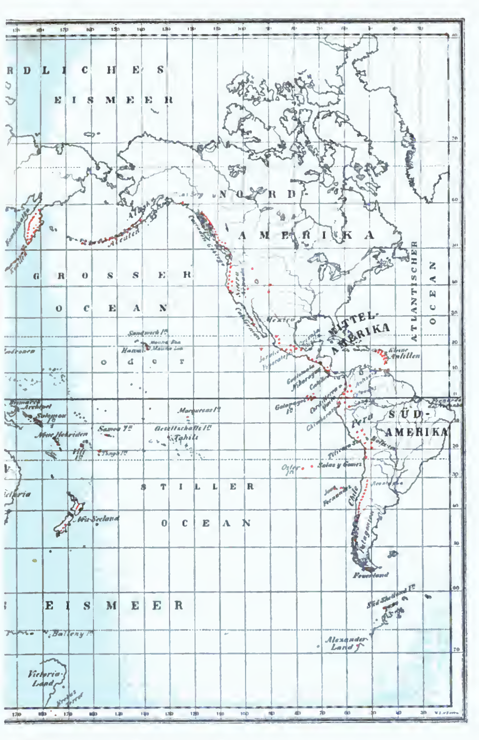
Idealer Durchschnitt eines Vulkans während des Ausbruchs.

Man gewahrt bei *a* den mit Lava gefüllten, in die unbekannte Tiefe führenden Schlot mit einem Seitenarm *g*. Er öffnet sich bei *b* zum Hauptkrater, bei *h* zu einem Nebenkrater, durch letzteren fließt der Lavastrom *i* unter Entbindung von Dampfwolken (Fumarolen) ab. Aus dem Hauptkrater lösen sich beständig kugelförmige Wasserdampfmassen *d*, die sich oben zur vulkanischen Wolke *c* verdichten. Mitemporgeschleuderte Schlackenmassen regnen daraus bei *f*, wirklicher Regen von Wasser bei *e* nieder. In der Wolke wüten mächtige elektrische Entladungen: Blitze. (Nach Vogts Lehrbuch der Geologie und Petrefaktenkunde.)

masse gewissermaßen noch erfolgreich dadurch „verkittet", daß die Asche sich mit dem niederprasselnden Regenguß zu einem Schlammstrom vereinigte, der in jede Ritze eindrang und beispielsweise Menschen im Moment ihres Erstickungstodes derartig mit zähem Teig umknetete, daß man bei nachträglicher Ausfüllung des vom verwesten Körper gebildeten Hohlraumes mit Gips die vollständigen Modelle der armen Opfer erhalten hat, — unter anderem das eines schönen jungen Mädchens, das mit unter dem Kopf gekreuzten Armen wie schlafend daliegt. In früherer Zeit nahm man übrigens, was die Verunglückten betrifft, an, daß die Bewohner der verschütteten Städte sich bis auf wenige Nachzügler gerettet hätten, neuer-



Karte zur Veranschaulichung der wicht



igsten vulkanischen Gebiete der Erde.

dings kommen aber immer mehr Leichen beim Ausgraben zu Tage, so daß die Katastrophe nach allen Richtungen an Grauenhaftigkeit nichts mehr zu erfinden übrig läßt, — vorausgesetzt daß man von dem indirekten Gewinn für unsere moderne Forschung, die in Pompeji ja allerdings eine kulturgeschichtliche Goldgrube gefunden hat, absieht.

So wertvoll die Anhaltspunkte sind, die dieses erste Vulkanbild uns giebt (der Leser möge besonders die Rolle des Wasserdampfs im Auge behalten), — so fehlt ihm doch eins noch gänzlich: der Erguß geschmolzener Gesteinsmassen, — der Lava. Um über ihre Natur Aufschluß zu gewinnen, müssen wir den Vesuv weiter verfolgen, zum Glück immer mehr in die Helle neuerer Geschichte hinein, wo gute Beobachter und Schilderer im Aufzeichnen der Phänomene wetteifern.

Der alte Ringwall des Kraters, wie ihn Strabo gesehen und wie ihn unser Bild auf S. 102 anschaulich macht, war bei der Explosion von 79 n. Chr. wahrscheinlich zum Teil eingestürzt und hatte jene charakteristisch halbkreisförmige Gestalt angenommen, die wir heute noch (vergl. z. B. das Bild S. 97) als sogenannte „Somma des Vesuv" bewundern. (Auf dem Bilde ist das zackige Stück rechts von dem steilen, dampfenden Hauptkegel die Somma.) Im Innern, wo die Asche einen neuen, spitzeren Kegel gebildet, wogte und gärte es bis gegen das zwölfte Jahrhundert hin langsam, aber stetig fort. Es war, als sei der Kamin noch immer nicht ganz gereinigt. Zeitweilig kam es zu neuen Explosionen, bei denen einmal (um 472) die Asche bis Konstantinopel, ein andermal (vielleicht 512) bis Tripolis in Afrika verweht worden sein soll; das letztere Datum fällt nicht lange vor die Zeit, da die Ostgoten unter Teja ihren Verzweiflungskampf gegen die Byzantiner am Vesuvfuße ausfochten, nachdem fast sechshundert Jahre früher das Heer des Spartacus (im römischen Sklavenaufstand) mitten in dem damals noch grabestoten Sommakrater sich verschanzt gehalten hatte, — seltsame geschichtliche Anknüpfungen, die wie Schattenbilder im Hintergrund der geologischen Perspektiven aus solchem klassischen Boden allerorten aufsteigen.

Vom zwölften bis siebzehnten Jahrhundert schien dann als Resultat des allzu langsamen Gärens abermals ein großer Bankerott entstanden zu sein. Der Zustand der alten Somma kehrte mählich zurück. Die Bergwände begannen sich abermals wie vor des Plinius Tagen zu begrünen, im Krater selbst wuchs ein Wald von Eichen, Steineichen und Eschen zu mehrhundertjährigen Baumrecken empor, zwischen denen nur ein paar kleine Fumarolen (Dampfausströmungen) und drei warme Teiche mit Salz- und Bitterwasser ein letztes Ausröcheln der inneren Erdkraft anzudeuten schienen. In der umwohnenden Menschheit, die in dieser Zeit wenig Geschichte trieb, war jede Tradition von naher Gefahr erloschen.

Es giebt heute noch einen Ort, nicht sehr weit vom Vesuv entfernt, wo man in äußerst lehrreicher Weise studieren kann, wie der Vesuvkrater



Vulkan-Landschaft: Scenerie aus dem Vesuvkrater.
(Nach einer Photographie von Sommer in Neapel.)



Vulkan-Landschaft: Die Solfatara bei Pozzuoli (Neapel),
ein mit Buschwerk überzogener, seit einer Reihe von Jahrhunderten unthätiger Krater, der gegenwärtig nur durch schwefelwasserstoffhaltige Fumarolen (Dampfausströmungen) sein inneres vulkanisches Leben andeutet.

damals ausgesehen haben muß. Er ist bekannt unter dem Namen der „Solfatara" von Pozzuoli. Wenn der Leser die zu besondern, mondähnlichen Beleuchtungszwecken gezeichnete, aber im Umriß trotzdem sehr anschauliche und richtige Figur auf S. 525 aufschlagen will, so sieht er links vom großen, den langen Kegelschatten werfenden Vesuv eine ganze Menge runder, heute nahezu oder ganz erloschener Kratergebilde. Eins davon ist die Solfatara. Eine echte Somma erhebt sich da zu etwa 200 m überm Meer an höchster Stelle. Der Kraterboden liegt etwa 100 m hoch und mißt gegen 500 m im Durchmesser. Wenn die Tradition nicht fälscht, ist die Solfatara im Jahre 1198, grade damals, als der Vesuv voll alter Bäume stand, in Thätigkeit gewesen. Heute spielt sie selbst die Rolle des Vesuv von damals. Wenige Orte der Welt gewiß bieten einen solchen Gegensatz zwischen dem bestehenden Naturfrieden und der assoziativen Vorstellung von dem, was jeder Tag möglicherweise auch hier wieder aus der Erdtiefe heraufbeschwören kann. Durch einen lebendigen Wall prachtvollen Grüns, wo der Purpur der Oleanderblüten und die

weißen Sterne der Myrte sich drängen, betritt man plötzlich einen gespenstisch hellen Tuffboden, der — wohl infolge der schwammig losen Beschaffenheit des Gesteins, vielleicht aber auch, weil wirkliche Hohlräume darunter sind — dumpf unter dem Schritte hallt. Hier und da dampft es aus der Tiefe, und aus einem besonders breiten Erdspalt brausen stoßweise unter beängstigendem Geräusch heiße Schwefeldämpfe und bemalen die Tuffwände mit grell bunten Höllenfarben, während sich oben der stahlblaue italische Himmel wölbt. Es ist ein Anblick, den man kaum je wieder vergißt, zumal für uns heute, die wir mit der nötigen geschichtlichen und geologischen Übersicht über die Möglichkeit dessen, was auch hier stündlich wieder losbrechen könnte, den Ort besuchen.

Doch grade diese Übersicht lag den Vesuvkolonisten des zwölften Jahrhunderts vollkommen fern. So geschah es, daß der furchtbare Ausbruch des Berges vom 16. Dezember 1631 abermals eine ahnungslose Menge überraschte. Zum zweitenmal platzte der verrammelte Krater, die Pinienwolke flog auf, verfinsterte die Sonne und wirbelte ihre Asche über ganz Unteritalien weg bis nach Griechenland herüber. Die Erde bebte, Blitze fuhren in Kirchtürme nieder, enorme Steinblöcke zerschmetterten Häuser. Am 18. Dezember aber kam ein Höhepunkt, von dem man selbst zu Plinius' Zeiten nichts gekannt: nach einem besonders heftigen Erdstoß wälz'e sich über den in Nacht gehüllten Kraterrand jählings eine Sturmflut rotglühender, geschmolzener Gesteinsmassen — die Lava — die mit der Geschwindigkeit eines Wasserfalls gegen das Meer zu herunterprasselte. In einer Stunde war der Lavakatarakt unten, wo er die Küste weit ins Meer hinein rückte. Wo er mit seiner Turmhöhe von 7—10 m hingeschleift, gab es keine Ortschaften mehr. An 3000 Menschen starben in der Glut, die so rasch sauste, daß an einer Stelle eine ganze Prozession von 400 Köpfen unter ihr versank. Als die Sonne wieder sichtbar wurde, zeigte es sich, daß der eigentliche Krater innerhalb der Somma, jener Aschenkegel, den wahrscheinlich schon die Eruption von 79 gebildet, eingestürzt war, so daß ihn die Somma um 130 m überragte.

Von jetzt ab war, geringe Pausen abgerechnet, die entsetzliche Thätigkeit des Berges durch nichts mehr beschränkt. Mit dem endgiltigen Durchbruch der Lava war offenbar das letzte Hemmnis gefallen, und die Gesamtfülle der vulkanischen Erscheinungen ließ sich jetzt von Eruption zu Eruption immer deutlicher studieren. Den nächsten relativen Höhepunkt gab das Jahr 1794, und der Ausbruch dieses Jahres ist von besonderem Interesse noch dadurch geworden, daß einer der größten Vulkankenner aller Zeiten, Leopold von Buch, eine klassische Schilderung der Katastrophe geliefert hat. „Unter den vielen Ausbrüchen des Vesuv,“ erzählt der treffliche Beobachter, der zugleich ein Meister der Darstellung war, „sind

doch nur zwei bekannt, denen die Eruption von 1794 an furchtbarer Größe weicht. Durch die erstere von diesen wurden das reiche Herculaneum und die Seestadt Pompeji zerstört und dem Meere neue Grenzen bestimmt. Die zweite, im Jahre 1631, stürzte fast unzählbare Feuerströme über die in Menge um den Fuß des Vulkans gelagerten Ortschaften. Alle fruchtbaren Pflanzungen wurden gänzlich zerstört, und fast die Hälfte der Einwohner verlor in den Flammen das Leben.

Beide erschienen, als bei den anwohnenden Menschen jede Überlieferungsspur an den im Innern des Berges verborgenen Zerstörungsquell durch die Länge der Zeit fast völlig verwischt war. Aber in neueren Zeiten hatte der Vulkan fast jährlich neue und große Phänomene gezeigt, und es lebte in der Gegend fast niemand, der nicht die Verwüstungen mehrerer Ausbrüche selbst empfunden oder beobachtet hätte. Und doch konnte eine zweijährige Ruhe des Berges, in der sein Gipfel auch nicht einmal dampfte, die Einwohner in so große Sorglosigkeit stürzen, daß sie den Vesuv auch dann noch gänzlich vergaßen, als sie am 12. Juni um 11½ Uhr in der Nacht plötzlich ein heftiges Erdbeben aufschreckte.



Leopold von Buch.

Der Boden in der ganzen Ebene Kampaniens schwankte wie flüssige Wellen von Morgen nach Abend. Die Neapolitaner stürzten aus den Häusern auf die großen Plätze des Palazzo Reale, del Mercato, delle Pigne. Sie glaubten im nächsten Augenblicke ihre Häuser zu Boden geworfen, und angstvoll erwarteten sie im Freien den Morgen, Kalabriens Schicksal befürchtend. Als ihnen aber die Sonne hell aufging und sie den Vulkan in der gewohnten Ruhe erblickten, glaubten sie den Ruin der südlichen Provinzen des Reiches befürchten zu müssen und leiteten von dorther die Erscheinungen der vergangenen Nacht. Aber nicht lange währte ihr Irrtum. Drei Tage darauf, am 15. Juni um 11 Uhr in der Nacht, erbebte die Erde von neuem; es war nicht mehr ein wellenförmiges Schwanken wie vorher, es war ein unregelmäßiger Stoß, der die Gebäude zerriß, die Fenster klirrend erschütterte und gewaltsam die inneren Gerät-

schaften durcheinander stürzte. Und sogleich erhellten rote Flammen und leuchtende Dämpfe den Himmel.

Der Vesuv war am Fuße des Kegels geborsten, und von den Dächern der Häuser sah man die Lava in parabolischen Bogen hervorspringen. Fortwährend hörte man einen dumpfen, aber heftigen Lärm, wie den Katarakt eines Flusses in eine tiefe Höhle hinab, unaufhörlich schwankte der Berg, und eine Viertelstunde darauf hörte auch in der Stadt nicht mehr die Erschütterung auf. Mit solcher Wut hatte man noch nie die Lava hervorbrechen sehen. Das reizbare Volk, das sich nicht mehr auf festem Boden, die Luft in Flammen und voll schrecklicher, nie gehörter Töne erblickte, stürzte, von Furcht und Schrecken ergriffen, zu den Füßen der Heiligen in Kapellen und Kirchen, griff nach Kreuzen und Bildern und durchzog heulend die Stadt in wilder Verwirrung. Der Berg achtete ihres Angstgeschreies nicht, es sprangen immer neue Öffnungen auf, und mit gleichem Lärme und gleicher Gewalt stürzte daraus die Lava hervor. Rauch, Flammen, Dampf erhoben sich zu ungeheueren Höhen jenseits der Wolken und verbreiteten sich dann auf den Seiten in Form einer unermeßlichen Pinie, wie zu Plinius' Zeiten.

Nach Mitternacht verlor sich dieses unausgesetzte, fürchterlich dumpfe Getöse, mit ihm die stete Erschütterung und das Schwanken des Berges; die Lava brach jetzt stoßweise aus den Öffnungen hervor, aber in schnell hintereinander sich folgenden Stößen mit donnerähnlichem Knalle. Die sie so gewaltsam und tobend hervorstoßenden elastischen Mächte schleuderten unzählige große Felsstücke zu erstaunlicher Höhe hinauf in die Luft, und neue Flammen und schwarze Rauchwolken folgten diesen zertrümmerten Felsen.

Nach und nach folgten die Stöße seltener hintereinander, aber ihre Kraft verdoppelte sich, und zuletzt schien der ganze Berg nur eine Batterie zugleich abgeschossener Artilleriestücke zu sein. Und während dieses gewaltsamen Donners, schon nach Mitternacht, sah man auch die jenseits des Vulkans gelegene Atmosphäre erleuchtet. Die Lava, ungeachtet der Verwüstungen auf dieser Seite des Berges, sprengte auch den jenseitigen Abhang noch tiefer am Berge herab und weiter vom Gipfel und stürzte mit Gewalt aus der Öffnung in eine weite Schlucht, welche schon ältere Laven verwüstet hatten, gegen Mauro hinab. Sie wütete in den Waldungen am Ausgange des Thales, verbreitete sich auf der weniger sich neigenden Fläche, fing dann langsamer zu fließen an, und nach drei Tagen erstarrte sie gänzlich, ohne Wohnungen erreichen zu können.

Nicht so die donnernde Lava gegen Neapel. Sie stürzte mächtig und schnell vom Abhange herab. Jede Explosion aus den Kratern drängte eine neue Masse von Lava herauf, die, sich dem Strome zu werfend, ihm neue Kraft und Stärke zu geben schien. Die Hälfte der Einwohner von Resina, Portici, Torre del Greco starrte mit fürchterlich ängstlicher Erwartung

auf jede kleine Bewegung des Feuerstromes, dessen Richtung bald diesen, bald jenen Ort zu bedrohen schien; die andere Hälfte lag hingeworfen vor den Altären, sich Rettung vor der schrecklichen Lava zu erflehen. Plötzlich richtete die ganze Masse ihren Lauf genau auf Resina und Portici zu. Alles Lebendige in Torre del Greco stürzte in die Kirchen, dem Himmel für die geträumte Rettung zu danken; in ihrer unmäßigen Freude vergaßen sie den dann notwendigen Untergang ihrer Nachbarn. Aber ein tiefer Graben stellt sich dem Laufe der Lava entgegen, sie folgt seiner Richtung, und er öffnet sich auf der Höhe über das unglückliche, sich gerettet glaubende Torre del Greco. Mit neuer Wut fällt der Strom den steilern Abhang hinab. Er trennt sich nicht mehr, und mit 2000 Fuß Breite erreicht er die blühende Stadt. Im nächsten Augenblicke suchen 18000 Menschen Schutz auf dem Meere. Noch ehe sie das Ufer verlassen, sehen sie über den eingestürzten Dächern der Häuser aus der Mitte der Lava hervor sich dicke schwarze Rauchsäulen erheben und große Flammen wie Blitze. Paläste und Kirchen stürzten krachend zusammen, und fürchterlich donnerte dazwischen der Berg.

Um 11 Uhr nachts brach die Lava aus dem Innern hervor, und schon um 5 Uhr morgens war Torre del Greco nicht mehr. In sechs Stunden hatte die glühende Masse vier italienische Meilen durchlaufen, eine noch nie erhörte Geschwindigkeit in der Geschichte des Berges. Das große Meer selbst vermochte es kaum, der Lava Grenzen zu setzen. Mächtig wälzte sich der obere Teil, indem der untere im Wasser erstarrte, über den erkalteten weg. Weit umher siedete das Meer, und gekochte Fische in unzähliger Menge bedeckten die Fläche.

Mitten unter diesen Verwüstungen brach der neue Tag an. Man sah die aus den Kratern sich erhebenden Flammen nicht mehr, aber auch den Berg nicht. Eine schwarze, fest scheinende Wolke lagerte sich um ihn herum und verbreitete sich nach und nach wie ein finsterer Flor über den Golf und das Meer. Unaufhörlich fiel in Neapel und in der Gegend ein feiner Aschenregen herab und bedeckte alle Pflanzen und Bäume, alle Häuser und Straßen. Die Sonne erhob sich strahlenlos und ohne Glanz, und kaum war die Helle des Tages dem schwachen Lichte der Morgenröte vergleichbar. Ein unbedeckter Streif am äußersten westlichen Horizont ließ doppelt die Menschen empfinden, wie sie in Finsternis eingehüllt waren. Diese fürchterlich-traurige Erscheinung vermochten die Neapolitaner nicht zu ertragen. Alle überfiel eine ängstlich-düstere Schwermut, und in ununterbrochen fortgesetzten Prozessionen suchten sie den erzürnten Himmel zu besänftigen. Es war nicht mehr das leicht empfängliche Volk, das lärmend mit den Kreuzen die Straßen durchstürzte. Die vornehmsten Familien Neapels schlossen sich dem feierlichen Zuge der Prozession an und folgten seufzend und still in langer Reihe dem Kreuze durch die

Finsternis nach. Man glaubte alles, was die Asche berührte, mit einem tödlichen Hauche bedeckt; der eingebildete Verlust der reichen Pflanzungen umher setzte die Menge in stumme Verzweiflung, und nur mit Mühe gelang es der Regierung durch Bekanntmachung der unschädlichen Bestandteile der Asche diese Furcht zu zerstreuen.

Die Asche fiel um so stärker und häufiger, je näher am Berge. Als sie eine Linie hoch die Straßen von Neapel bedeckte, lagen 5 Linien in Portici, 9 Linien in Resina und 15 Linien in der Nähe der Lava. In Neapel war es schwarzer, feiner Staub, näher dem Vulkane zu ein feiner Sand mit erkennbaren Teilen, und auf dem Vesuv waren Rapilli, kleine Steintrümmer, gefallen.

Die Lava selbst bewegte sich noch, aber langsam und nur am äußern Ende bemerkbar. Eine harte, erstarrte Rinde bedeckte den fließenden Strom, und die Oberfläche dieser glühenden Masse erkaltete so schnell, daß 12 Stunden nach Zerstörung der Stadt viele ihrer unglücklichen Bewohner es wagten, schnell gegen ihre zerstörten Wohnungen zu eilen, um der Lava das Wenige zu entreißen, was sie verschont haben konnte. Ja, man war sogar glücklich genug, auf diesem Wege mehrere Personen zu retten, welche, in einem Kloster verschlossen, die jenseits der Lava Geretteten bis dahin vergebens um Hilfe angefleht hatten. An vielen Orten war die Lava geborsten; aus deren Innerm erhob sich ein heftiger, widriger, kochsalzgesäuerter Dampf, und man sah hellleuchtende Flammen zu beiden Seiten der Spalten. Man hörte ein unaufhörliches, entfernt scheinendes Donnern, und schnelle Blitze im schwarzen vom Berge sich herabwälzenden Regen erhellten die finstere Nacht. Man sah, daß diese gewaltige Masse aus dem großen Krater auf dem Gipfel des Berges hervorgewälzt wurde. Man sah, wie sich eine ungeheure, dichte, rund gestaltete Wolke aus dem Innern erhob, wie sie sich aufzublähen schien, je höher sie stieg. Große, zu schwere Felsstücke fielen in fortgesetztem Regen senkrecht von ihren Rändern wieder in den Abgrund hinab. Eine neue Wolke folgte der ersten schnell mit gleicher Erscheinung und so unzählige hintereinander bis zu unabsehbaren Höhen. Ein großer, erhabener Anblick! Oft schien der Berg mit einer Krone dieser zu eignen Systemen geordneten Wolken bedeckt. Nach und nach lösten sie sich auf, die größern Stücke fielen senkrecht herab und rollten am Abhange des Kegels herunter; die feinere Asche entführte der Wind und zerstreute sie über das Land. Wenige Stunden darauf hatte die Asche wieder den ganzen Himmel bedeckt, und Tag und Nacht waren, wie vorher, durch keine Grenze geschieden.

Man hatte am Tage einige schwache Erschütterungen bemerkt. In der Nacht um 2 Uhr, am 18., erschreckte ein neuer heftiger Stoß die für kleine Phänomene durch das Furchtbare der vorigen Tage nicht mehr empfänglichen Menschen. Man empfand ihn vorzüglich in Portici, Resina und anderen

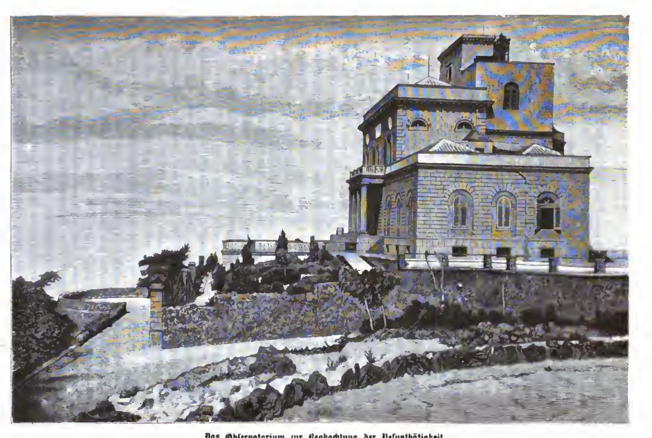
dem Berge nahegelegenen Orten. Und beim Anbruche des weniger durch die Asche verhüllten Tages sah man mit Erstaunen, daß der Gipfel des Vulkanes eingestürzt war: statt der vorigen Spitze sah man ihn schief abgestumpft gegen das Meer. Die unaufhörlichen Aschenausbrüche hatten so sehr das Innere des Berges erschöpft, daß er den Gipfel nicht mehr zu unterstützen vermochte. Die ganze Masse fiel im Krater zusammen. Aber diese imposante Erscheinung beendigte den finstern Aschenregen nicht. Wenn auch in Neapel und Portici und der nahen Gegend umher weniger Asche fiel als an den vorigen Tagen und das matte, rötliche Bild der Sonne mehrere Stunden lang sich durch den Staub in der Luft zeigte, so litten dagegen doppelt die Orte ostwärts des Berges. Ein heftiger Ostwind führte die aus dem Krater sich heraushebende Masse von der Meerseite weg, und mit doppelter Wut stürzte sie auf Somma, Ottajano, Nola, Caserta herab. Bis in das Apenninengebirge herein war tiefe Nacht. Der ganze Vesuv schien sich in Staub herabstürzen zu wollen. Wolkenbrüche vermischten sich in der Luft mit der Asche, und die Masse fiel wie ein zäher Teig über die Gegend. Fest umgab er die zartesten Zweige der Pflanzen und Bäume, und alle Pflanzungen dieses fruchtbaren Striches erlagen unter der unerträglichen Last. Viele Dächer in den Orten stürzten zusammen, und die Einwohner sahen sich genötigt, ihr Leben durch schnelle Flucht in das Gebirge zu retten. Auf diese Weise fielen einst Pompeji und Herculaneum.

Und wirklich hatte man Ursache, ein noch grausameres Schicksal zu fürchten. Denn während der Schlamm und die Asche den 18. und 19. fast in einer für die Helle des Tages undurchdringlichen Dichte sich herabsenkten, stürzten reißende Wasserströme vom jähen Abhange des Berges herab. Mit grenzenloser Gewalt rissen sie Berge von Steinen und Bäumen mit sich fort und bedeckten mit großen Felsmassen die Ebene. Nur allein in der Nacht vom 20. Juni wälzten sich fünf solcher Ströme vom Berge, und dreimal im Laufe des Tages erneuerte sich diese verwüstende Erscheinung und das letzte Mal mit doppelter Stärke und Kraft. Die ganze den Vesuv umgebende Landschaft ward durch diesen Regen verheert; jede kleine Wolke schien mit Macht gegen die Spitze des Berges gezogen, und kaum hatte sie den Gipfel umgeben, als auch schon die Wasser herunterstürzten, Wälder, Straßen, Brücken zerrissen und Häuser und Felder zerstörten. Von allen Seiten lebten die unglücklichen Menschen in beständiger Todesangst und waren fortdauernd genötigt, sich zur schnellen Flucht zu bereiten. Bosco, Somma, Ottajano, Torre dell' Annunciata verloren auf diese Art zum Teil für unzuberechnende Zeiten die Frucht ihres Fleißes, und die Verwüstungen der Lava in Torre del Greco waren kaum verderblicher und größer als die der entsetzlichen Wassermenge, welche der Vulkan auf das Land hinabstürzte. Indes verminderte sich allmählich die Menge der ausgeworfenen Asche. Man sah jetzt mit ihr sich große Dampfwolken aus dem Krater

erheben, die in der Luft sich zerstreuten. Doch wurden die Nächte in Neapel noch fortwährend von der unzähligen Menge glänzender Blitze erleuchtet, die sich aus der Aschenwolke unaufhörlich herabstürzten. Ein starker, aber nicht rollender Donner begleitete sie, und daher das noch mehrtägige fortgesetzte Getöse vom Berge.

Am 24. und noch mehr am 26. fiel wieder mehr Asche auf die Seite gegen Neapel, aber als die Einwohner sie erblickten, erhoben sie ein Freudengeschrei, denn sie war nicht mehr dunkelgrau oder schwarz wie bisher, sondern hellgrau und zuletzt beinahe ganz weiß. Die Erfahrung aller Eruptionen hatte gelehrt, daß dies der letzte Bodensatz im gärenden Innern des Berges sei und daß mit ihm die ganze Eruption gewöhnlich endige. Von nun an rauchte der Vesuv fast nur allein. Asche fiel nur noch an einigen Tagen, und seit dem 8. Juli kehrte Heiterkeit in das glückliche Klima Neapels zurück. Schon erhob sich wieder Torre del Greco durch den rastlosen Fleiß der zurückgekehrten Einwohner. Tausende waren auf den Feldern zerstreut, die Blätter und Zweige der Bäume und Reben von der alles bedeckenden Asche zu säubern. In Neapel strömten aufs neue die Menschen den wieder eröffneten Schauspielen zu, und wie vorher versammelten die Späße des Pulcinells die geschäftslose Menge an den Ecken der Straßen."

Mit dem Ausbruch von 1794 war der Vesuv mehr und mehr in den Mittelpunkt wissenschaftlichen Interesses gerückt. Er wurde ein Wallfahrtsort der Gelehrten, wie er es 1787 schon für **Goethe** gewesen. Um den Ausbruch von 1822 mühte sich unter anderen **Humboldt**, der ihn in den „Ansichten der Natur" beschrieben hat. Schließlich kam es zum Bau eines besonderen **Observatoriums** auf halber Höhe des Berges, in dem ein angesehener Physiker, **Luigi Palmieri**, jede Regung des tückischen Kolosses zu verzeichnen und zu überwachen hatte. Mit dem Überwachen war es denn allerdings ein böses Ding. Furchtbar sollte das die Katastrophe von 1872 beweisen. Verweilen wir auch bei ihr noch einen Augenblick, um eine möglichst klare Übersicht über das Gebiet der vulkanischen **Erscheinungen** zu gewinnen vor konkretem, farbigem Objekt. Auch diesmal ist es insbesondere die **Lava**, deren Wirkung zur Anschauung kommt. Unser Bericht folgt dabei der Darstellung in Ule-Reclus: „Die Erde und die Erscheinungen ihrer Oberfläche." „Schon seit dem Oktober 1867 hatte der Vesuv eine ungewöhnliche Thätigkeit entwickelt. Über dem alten Schlunde war in der Nacht vom 12. zum 13. November 1867 ein neuer Kegel aufgestiegen, der sich in wenigen Tagen bis zu 120 Meter Höhe erhob und aus seinem Innern glühende Massen unter furchtbaren Detonationen 300 Meter hoch emporschleuderte. Zahlreiche Lavaströme waren über den Kraterrand herabgeflossen, hatten aber kaum den Fuß des Kegels erreicht. Am 10. März 1868 und noch großartiger am 14. November desselben



Das Observatorium zur Beobachtung der Vesuvthätigkeit.
678 m hoch über dem Meeresspiegel am Vesuv selbst erbaut.

Jahres hatte sich der Kegel gespalten, und aus den neugebildeten Schlünden waren mächtige Lavaströme hervorgebrochen, die sich am Fuße der steilen Somma-Felsen vereinigt in den Fosso della Veterano gestürzt, dann, in fruchtbare Gebiete vordringend, herrliche Weinberge vernichtet hatten und endlich an der Straße von San Sebastiano nach San Georgio aufgehalten worden waren. Mit dem Beginn des Jahres 1869 schien sich der Berg vollständig zu beruhigen; nur einzelne kleine Kegel ergossen noch glühende Lava, der Gipfelkrater schleuderte nur noch vulkanische Asche empor. Aber die Ruhe war nur eine scheinbare. Zwischen dem 10. und 12. Januar 1871 erhob sich neben dem alten Hauptkegel aus der Schlackenwüste, die ihn von der Somma, diesem Überrest eines vielleicht vor Jahrtausenden thätigen und dann in sich zusammengestürzten Kraters, trennte, ein neuer, selbständiger Schlot, der allmählich eine Höhe von 50 Metern erreichte. Anfangs ragte der Gipfel dieses Nebenkraters mit wild zerrissenen Wänden in die Luft. Bald aber wuchs er nach oben hin schlotartig gegen die Mündung sich verengend empor. Seit dem März 1872 näherten sich die Führer aus Resina nur noch mit Mißtrauen diesen Kratern; sie erschienen seltsamerweise einander näher gerückt, weil wahrscheinlich die sich anhäufenden Auswurfsmassen den Raum zwischen ihnen mehr und mehr ausgefüllt hatten, und die Ruhepausen zwischen den donnernden Schlackenauswürfen wurden immer kürzer. Seit dem Morgen des 24. April ließen auch die Beobachtungen Palmieri's auf seinem Observatorium einen neuen, gewaltigen Ausbruch erwarten. Der nächste Tag schien indes diesen Befürchtungen nicht zu entsprechen. Zwar brach ein mächtiger Lavastrom hervor, der an der Südseite des Kegels herabfloß; aber das war nichts Ungewöhnliches mehr. In der ganzen Umgebung des Vesuv befand man sich unter dem behaglich einschläfernden Einflusse eines jener Frühlingstage, wie sie nur das kampanische Klima hervorbringt. Da, am 24. April, nachmittags zwischen 3 und 4 Uhr, hörte plötzlich alle Traumseligkeit auf; aus drei Öffnungen, die der Berg schon im Oktober 1871 gebildet hatte, nicht aus den eigentlichen Kratern, eröffnete der Vulkan unter gewaltig aufsteigenden Rauchsäulen ein so mächtiges Feuer, daß, als sich am Abend noch eine vierte solche Öffnung, dort „boccha del fuoco“ genannt, zu den anderen gesellte, man von Neapel aus drei Lavaströme erblicken konnte, während zwei andere (jenseits verlaufende) für diese Stadt unsichtbar blieben. Mit reißender Eile stürzten sich die Glutströme über die Abhänge in die Tiefe herab, so daß die Feuerlinien gegen Abend bereits eine Länge von zwei Kilometern zeigten. Es war ein wunderbares, erhabenes Schauspiel, daß selbst das Volk Neapels aus seiner stumpfen Ruhe herausgerissen wurde und sich auf dem Lido sammelte, um den glänzenden Anblick zu genießen. Bald machten sich auch Neugierige auf, um die Erscheinung in unmittelbarer Nähe zu betrachten, und selbst erfahrene Führer hielten das Unter-

nehmen um so weniger für gefahrlos, als die Lavaströme den Weg zum Kegel nicht versperrt hatten. Ganze Scharen von Neugierigen sah man am 25. April früh den Berg hinaufziehen, und was sie von dem Gesehenen berichteten, von dem unvergleichlichen Kontrast zwischen der wilden Zerstörung dort oben und dem frischen, aus der Ebene der Kampagne emporleuchtenden Leben, war nur dazu angethan, neue Scharen zur Besteigung des Berges zu verlocken. Niemand hegte Befürchtungen. Die bereits erstarrte Lava des vorigen Tages war so dünn geflossen, daß man sie an manchen Stellen ohne Gefahr überschreiten und bis an den Fuß des Kegels selbst gelangen konnte. Nach üblicher Sitte kochten die Führer auf der heißen Lava die mitgebrachten Eier, während die Besucher auf einer der vielen durch Schlacken gebildeten Seitenöffnungen, einem sogenannten Ofen, ausruhen durften, um, vom herrlichsten Frühlingswetter begünstigt, den Glanz des Südens in der entzückenden Aussicht zu genießen. Verdächtig war nur der Chlorgeruch, der einer Spalte unter ihren Füßen entströmte und der ein bekanntes Vorzeichen neuer Ausbrüche bildet. Am Abend des 25. April wuchs noch die Zahl der Besucher, und selbst Einheimische gesellten sich zu den Fremden. In den ersten Abendstunden war es noch möglich, vom Observatorium aus zu Pferde und mit Fackelbeleuchtung den Berg zu erklimmen. Auf steilem Pfade gelangte man zur breiten Ebene des Atrio del Cavallo, welche die Somma vom Aschenkegel des Vesuv trennt und welche, von der Lava des Jahres 1871 bedeckt, einem in der heftigsten Bewegung erstarrten Meere glich. Über diese schwarzen, unter den Füßen knirschenden Trümmer führte der Weg, der jedoch bald durch einen breiten Lavastrom gekreuzt wurde. Hier mußte Halt gemacht werden, und es war hohe Zeit, denn zur Rechten des Wanderers stand der Gipfel des Berges in voller Thätigkeit. Aus dem lebhaft bewegten Feuerherde schossen unter heftigem Schnauben bald Flammen, bald Rauch, bald glühende Massen zu erstaunlicher Höhe auf. Wie eine lange, feurige Zickzacklinie erschien der Lavastrom vom Gipfel abwärts, ohne seine fürchterliche innere Bewegung nach der Ferne hin zu verraten. Weiße Wölkchen überzogen den Himmel, sonst herrschte eine fast schauerliche Stille. Der große Krater selbst war ruhig, nur der Unterkrater schnaubte wie das Tosen eines riesigen Dampfkessels, und über ihm schwebte eine kolossale Wolke, unheimlich von rotem Feuerschein übergossen. Noch versunken in den Anblick des großartigen Schauspiels, wurden die Beschauer plötzlich durch einen breiten Feuerschein überrascht, der, unterhalb des Kraters aufblitzend, sich rasch zur Seite und gegen die Tiefe hin ausbreitete. Die ausgebrochene Feuermasse beleuchtete grell Wolken und Rauchsäule und selbst das ferne Meer, und um den Kontrast zur gewaltigen Nachtlandschaft zu vollenden, trat still und feierlich der Vollmond aus den Wolken hervor, um bald zu beleuchten, was jedem unvergeßlich bleiben mußte.

Neue Scharen nächtlicher Wandrer waren zu dem verhängnisvollen Lavafelde heraufgezogen. Sorglos überschritten sie das Atrio del Cavallo; niemand fiel es ein, daß gerade hier in den letzten Jahren die gewaltigsten neuen Lavaströme emporgebrochen waren. Plötzlich ließ sich ein dumpfer, dröhnender Donner vernehmen, und als die Wanderer rückwärts blickten, schien der ganze Berg in Flammen zu stehen. Blitzesschnell ergossen sich rasende Flammen über das Lavafeld, und im selben Augenblicke brach, wie es scheint, einer der beiden Feuerberge in sich zusammen, riesige Massen, die bisher die Brücke zwischen den beiden Kratern gebildet hatten, in die Tiefe hinabwälzend. Ein dicker, die ganze Gegend verfinsternder Rauch folgte der entsetzlichen Katastrophe; heiße Schwefeldämpfe und der Qualm brennender Erdharze beklemmten den Atem und trieben alles Lebende zur Flucht. Glücklich konnte sich preisen, wer noch diesseits des Lavafeldes stand und den Weg zum Observatorium frei hatte; denn jenseits spielte sich eine Scene ab, von deren entsetzlicher Bedeutung der herüberschallende Angstschrei dem Tode Verfallener zeugte. Buchstäblich hatte sich dort unter den Füßen der sorglosen Menschen die Erde geöffnet, und aus einem tiefen Spalt drangen die Glutmassen hervor, die in so riesiger Schnelligkeit das ganze Lavafeld in ein Feuermeer verwandelt hatten, alles Lebende in sich begrabend. In den folgenden Tagen erst vermochte man den ganzen Umfang der furchtbaren Katastrophe zu überschauen. 87 Tote und Sterbende wurden nach Neapel gebracht, mehr als 20 waren unmittelbar von der Bocca verschlungen oder unter der glühenden Lava begraben worden. Einzelnen, die von Lavaströmen umschlossen und abgeschnitten waren, konnte erst nach mehreren Tagen Rettung gebracht werden.

Die Wut des Vulkans schien nach diesem furchtbaren Ausbruch sich nur noch steigern zu wollen. Am 26. April nahm der Donner des Berges von 2 Uhr nachmittags so zu, daß man die einzelnen Stöße nicht mehr unterscheiden konnte. Wie der dumpfe Donner eines entfernten starken Gewitters, nur intensiver, mächtiger erschütternd, schwerer rollend, tobte es fast zwei Stunden lang ununterbrochen in den Eingeweiden des Berges. Über dem Vesuv selbst hatte sich eine hohe Wolke gebildet, grau geballt, am obern Rande mit einer weißen Garnitur runder Flocken, wie von Baumwolle modelliert, aber so plastisch herausgeformt, als ob sie ein fester Körper wäre. Rechts, nach dem Monte S. Angelo zu, lagerte eine schwarze gewitterhafte Wand, unter welcher die Berge im vollen Sonnenschein in den feinsten Umrissen wie durchsichtig leuchteten. Weiter links über der Ebene stand eine graue Dunstmauer; über ihr strahlte der blaue Himmel. Neapel, der Vesuv, Capri, Bajä, Ischia schimmerten im mildesten Lichte, und allen diesen lieblichen Naturbildern gegenüber donnerte der Berg so dröhnend, daß noch in dem vier Stunden entfernten Kloster von Camaldoli die Fenster klirrten.

Namenloser Schrecken herrschte ringsum in den Ortschaften am Fuße des Vesuv. Wie der Besinnung beraubt durch das Gebrüll des Ungetüms, durch seine Feuerschlangen, durch die zunehmende Finsternis und das beständige Erbeben des Bodens, flüchtete das Volk verwirrt aus seinen Wohnungen. Lange Reihen mit Kranken und mit Hausgerät beladener Wagen bewegten sich auf der Straße nach Neapel, um dort ein schützendes Obdach zu suchen. Der Feuerschein, mit dem am Abend nicht bloß der Krater des Vesuv, sondern auch die rings abfließende Lava schaurig die Landschaft erleuchtete, zeigte, daß die Besorgnis nicht überall eine eingebildete war. Ein besonders mächtiger Lavastrom floß links nach der Somma zu, breitete sich tief am Fuße des Berges gegen Neapel hin aus und bildete rechts vom Observatorium einen völligen Lava-See. Aus dem Gipfelkrater selbst, der unter unaufhörlichem Brüllen glühende Steine wohl über 60 m hoch emporschleuderte, wälzten sich zwei Feuerlawinen herab, die flammende Linien über die Abhänge zogen. Die eine verfolgte die Richtung auf Torre dell' Annunciata und Torre del Greco, die andere ergoß sich blutrot von Fels zu Fels und teilte sich am zerklüfteten Fuße des Berges in drei Ströme, deren einer auf Sebastiano und Cercola, ein anderer auf San Giorgio und Cremano, ein dritter auf Resina zueilte. Der erste dieser Ströme erreichte sein Ziel; San Sebastiano, eine Stadt von 9000 Einwohnern, wurde, obgleich 7 Kilometer von der Kraeröffnung entfernt, völlig vernichtet. Gegen 1 Uhr mittags erreichte der Lavastrom die Straße von Sebastiano, drückte, sich stauend, die mächtigen Strebepfeiler und Mauern derselben zusammen, brach die Häuser vor sich nieder und teilte sich dann, einen Arm links gegen Neapal hin sendend. Dieser stürzte jenseits in einen bebauten Grund von 30 bis 50 m Tiefe und 65 m Breite und wälzte sich darin, 10 bis 13 m hoch aufgestaut, vorwärts. Der verheerende Strom war nicht dünnflüssig, sondern glich einem wüsten, grauschwarzen Gemenge teils poröser, teils dichter Stücke von der Größe eines Kieselsteines bis zu Blöcken von einem halben Kubikmeter und darüber. Im Innern waren die Steine, sobald sie durch die Bewegung dem Auge sichtbar wurden, rot- und weißglühend, und aus jedem sich bildenden Luftloch schlug die Flamme hervor. Während von hinten geschoben das Ganze beständig über die geneigte Ebene vorwärts drängte, stürzten seitwärts am Rande und an der Stirn, gerade wie bei einem sich fortschiebenden Gletscher, die Steinmassen polternd übereinander, und glühende Schlacken brachen unter den sich ablösenden Blöcken hervor. Nur wo eine Stauung für Augenblicke ein ruhigeres Fließen bedingte, war eine gefahrlose Annäherung möglich. Alles Lebende, das der feurige Strom auf seinem Wege traf, wurde im Nu versengt und vernichtet. Ölbäume, Feigenbäume, Pinien, Weinreben, alles versengte, zischte, loderte auf und war vernichtet, von dem steinigen Feuerbrei gleichsam verschluckt. Wie Kartenhäuser stürzten

die schweren Gesteinsmassen der Häuser vor ihm zusammen und verschwanden inmitten des Flammenmeeres. Als der Hauptstrom die Straße berührte, machte er dicht vor einem kleinen Hause Halt, überschritt dann die Straße, bewegte sich durch einige Gassen des verlassenen San Sebastiano, schickte einen Arm in das seitwärts liegende Massa, das er teilweise zerstörte, und schlang sich dann um Sebastiano herum. Das Lavafeld nahm oberhalb dieses Ortes eine Breite von nicht weniger als 20 Minuten ein.

Das Toben des Vesuv währte ununterbrochen bis zum Morgen des 27. April fort. Dann hüllte er sich in einen nebelgrauen Dampfmantel, aus dem das dumpfe Grollen des Berges noch hervordrang, und begann dann nachmittags Asche und Rauch, die Vorboten der Beruhigung, auszuwerfen. Im Innern des Berges trat allmählich völlige Stille ein; aber der ganze Himmel war nur eine schwarze Aschenwolke, welche die ganze Gegend bis zum Posilipp mit Aschendunst bedeckte und alle Aussicht auf Sorrent, die Amalfiküste und das blaue Capri verhüllte. Die schiefergraue, sandige Asche bedeckte weithin das Land bis zu 20 cm hoch; sie fiel noch bis zum Morgen des 1. Mai, zuletzt mit Säuren verbündet, die in großer Menge niederregneten und am Schlusse des großartigen Schauspiels vernichteten, was Asche und Lava verschont hatten. Sie verdarben weit und breit Rebenpflanzungen, Saaten, Obstbäume und Gartenanlagen. Der gesamte Wert des durch diesen Ausbruch des Vesuv vernichteten Grundkapitals wurde auf mehrere Millionen geschätzt."

Ein Ausbruch von solcher Stärke hat sich seitdem nicht wiederholt. Im August 1891, wo mir selbst Gelegenheit zur Beobachtung gegeben war, bemerkte man von Neapel aus nächtlich nicht einmal einen Feuerschein über dem Krater. Dennoch erhielt man am eigentlichen Schlunde im Aschenkegel selbst den Eindruck unablässigen, furchtbaren Drohens. Im Gegensatz zu der festen, bloß langsam verwitternden Ruine der Somma ist der Aschenkegel, an dessen Spitze die Dampföffnung des thätigen Kraters sich befindet (jetzt ungefähr 1300 m überm Meer), durchweg ein äußerst loser Bau. Wo nicht erkaltete Lava, zu harten, braunroten, gerißähnlichen Brocken zerfallen, eine festere Treppe bietet, versinkt der Fuß des Kletternden tief in die bewegliche Asche wie in Ofenruß. Der Blick in den Schlund lohnt aber reichlich für die Mühe. Aus der Tiefe des Schachts wälzt sich die blendend weiße Dampfwolke als dicke Masse wie eingezwängt herauf, um dann oben vor dem herrlichen Blau des italischen Himmels in schimmernden Fahnen zu zerreißen. Ein dumpfes Stampfen wie von einer arbeitenden Maschine dröhnt von unten. Ruckweise verstärkt es sich, gegen die tiefsten Ballungen des Dampfes strahlt aus dem Innern ein roter Wiederschein, und mit plötzlicher Detonation fliegen Steine empor, die man dann an den im Dunst verhüllten Steilwänden zum Teil wieder abwärts kollern hört. Überwältigend wird der Anblick, wenn auf Momente die Dampfmasse sich



Vulkan-Landschaft: Blick vom inneren Rande des Aschenkegels in den Vesuv.
Der eigentliche dampfaushauchende Schlot ist ganz rechts. (Nach einer Photographie von Sommer in Neapel.)

zerteilt und die Kraterwände selbst sichtbar werden mit ihrer harten, grellfarbig rot und gelben Bemalung durch die von den Dämpfen abgesetzten Mineralien (Eisenchlorid). Der Kontrast ist um so stärker gegenüber den zahllosen Abstufungen von sanftem Blau und weichstem Violett in der am Fuße des Berges ausgebreiteten, mit keinem zweiten Ort der Erde in ihrer zarten Schönheit vergleichbaren neapolitanischen Landschaft.

Geologisch ist in solchen Zeiten relativer Ruhe des Vulkans am wertvollsten der Anblick jener unablässig emporgewirbelten Steine. Sie kollern an den Wänden herum, aber man begreift deutlich, daß sie gleichzeitig immerzu an diesen Wänden mit bauen helfen. Grade in solcher Ruhezeit wächst der Berg beständig an, und wenn man so mit einem Blick die fliegenden Steine, den losen Aschenmantel des ganzen Kegels und die ungeheuren, bis zum Meere hinabsteigenden rotbraunen Schlangenlinien der erkalteten Lavaströme umspannt, so hat der Gedanke wenig befremdendes an sich, daß dieser ganze Berg mit seinen 1300 m Höhe wohl recht eigentlich und ganz das Produkt des Schlundes selbst sei, eine einfache lose Auftürmung der Auswurfsprodukte gleich dem Rußkegel, den man bisweilen über der Öffnung eines Fabrikschornsteines oder eines Lokomotivenschlots erblickt. An wichtiger Stelle, bei der Theorie der Vulkane, wird uns dieser Gedanke unten wieder begegnen und förderlich sein.



Sogenannte vulkanische „Bomben“,
geschmolzene Lavastücke, die der Krater auswirft und die, während des Fluges erhärtend, infolge der rotierenden Bewegung eine spiralig gedrehte Form annehmen.

Dem Auge, das etwas weiter in das schöne Panorama des Golfs von Neapel da unten hinausschweift, drängt sich noch ein Zweites auf. Schon der Vesuv selbst mit seiner alten, geborstenen Somma und seinem Aschenkegel ist eigentlich ein Doppelvulkan. Um ihn her aber (der Leser betrachte nochmals das Bild auf S. 525) drängt es sich von vulkanischen Genossen, die alle früher oder später einmal sich mit ihm in die Arbeit des Feuerspeiens geteilt haben. Ich habe einen der merkwürdigsten bereits erwähnt, die Solfatara bei Pozzuoli. Weit größer noch ist der östlich (landeinwärts) davon gelegene elliptische Ring des Astroni. Niemand weiß, wann die inneren Erdkräfte ihn gebaut haben, jede Nachricht über einen Ausbruch ist verschollen. Im Innern findet sich heute ein Wildpark. Ein paar Hügel darin bestehen aus Trachytmasse, die zu irgend einer Zeit in glühend-flüssigem Zustand, als Lava, heraufgequollen sein muß, ohne über den Rand des schon vorhandenen Kraters wegfließen zu können. Andere Krater der Umgegend, wie der mit allem Zauber klassischer Walpurgisnacht bei den Römern umkleidete Avernner See, sind heute mit Wasser gefüllt, eine Erscheinung, die uns noch sehr oft begegnen wird. Das Wichtigste

aber, was diese ganze Kraterkolonie lehrt, ist die große und hochbedeutsame Thatsache, daß Vulkane fast nie isoliert liegen, sondern durchweg gruppenweise auftreten, gleichsam als sei an bestimmten Ecken der Erde eine allgemeine, über weite Strecken unterirdisch zusammenhängende Möglichkeit vulkanischer Eruption gegeben, die dann beliebig bald hier, bald dort einen Ausweg schafft und Krater emportürmt.

Von letzterem, dem Emportürmen selbst, bietet die nächste Nähe grade des eben genannten Averner Sees ein prächtiges Beispiel. Im Jahre 1558 bildete sich dort an vorher ebener Stelle ganz unerwartet ein 139 m hoher



Vulkan-Landschaft: Der Monte Nuovo bei Pozzuoli (Neapel).
Der 139 m hohe Kraterkegel bildete sich 1538 durch heftige Eruption an einer bis dahin ebenen Stelle in wenigen Tagen. (Nach Lyell, Principles of Geology 1835, vol. II No. 13.)

Kraterkegel, bezeichnend noch heute genannt der „Neue Berg“, — Monte Nuovo. Ein Zeitgenosse, Francesco del Nero, beschreibt in einem Briefe den Vorgang mit folgenden Worten.

„Ich weiß nicht, ob Sie in Pozzolo gewesen sind. Sechs Bogenschüsse weit jenseits der Stadt beginnt eine Ebene; dieselbe war etwa eine halbe Miglie breit und umfaßte einen Teil des Meerbusens rechts vom Berge; jetzt sind die ganze Breite der Ebene und ein Teil des Berges in einen Feuerschlund verwandelt, und in der Länge nimmt dieser denselben Raum ein. Wohl ist das Ereignis in natürlicher Weise vor sich gegangen, aber doch ist es sehr wunderbar und beachtenswert; Aristoteles hebt zwei ähnliche Fälle in seinen „Meteorologica“, Band 2, als denkwürdig hervor, der eine davon ereignete sich in Pontus, der andere auf der Insel Sagre. Am 28. September, ungefähr um 18 Uhr (12 Uhr 15 Minuten) mittags, trocknete das Meer bei Pozzolo auf eine Strecke von 600 Braccie ein, so

daß die Einwohner von Pozzolo ganze Wagenladungen von Fischen einbringen konnten, die auf dem Trocknen liegen geblieben waren. Am 29. September um 14 Uhr (8 Uhr 15 Minuten) morgens senkte sich da, wo heute der Feuerschlund ist, die Erde um 2 Canne, und es brach eine Wasserader hervor, sehr kalt und klar nach den einen, lau und schwefelig nach den anderen, die wir befragt haben. Und da die befragten Leute sämtlich auch glaubwürdige Personen sind, so meine ich, daß sie alle die Wahrheit berichtet haben und daß das Wasser zuerst auf die eine und dann auf die andere Weise hervorkam . . . . . . Zu Mittag desselben Tages begann die Erde an derselben Stelle aufzuschwellen, so daß sie da, wo sie um 2 Canne gesunken war, um 1½ Uhr (7 Uhr 45 Minuten) abends so hoch war wie der Monte Ruosi an der Stelle, wo das Türmchen steht. Um diese Zeit begann das Feuer und bildete den Schlund mit solcher Gewalt, daß ich im Garten große Angst hatte; doch nicht so sehr, daß ich mich nicht, ehe ⅔ Stunden vergangen waren, obwohl halb krank, auf eine Anhöhe hier in der Nähe begeben hätte, von der aus ich alles sah. Und bei meiner Treue, es war ein schönes Feuer, welches über sich so viel Erde und so viel Steine gehoben hatte, und fortwährend warf es solche in die Höhe, und diese fielen im Umkreise des Feuerschlundes nieder und füllten auf der Seite gegen das Meer hin einen Halbkreis des Meeres aus wie ein Bogen, dessen Sehne 1½ Miglien, dessen Pfeil ⅔ Meilen betrug.

Auf der Seite gegen Pozzolo hat es einen Berg gebildet, fast so hoch als der Monte Morello, und auf 70 Miglien im Umkreise hat es Land und Bäume mit Asche bedeckt. Auf meinem Landgute ist kein Blatt, auf dem sie nicht so hoch wie eine Kreiselschnur liegt. Aber nahe bei Pozzolo, auf 6 Miglien, ist kein Baum, an dem nicht alle Äste abgebrochen wären, und man erkennt nicht, daß Bäume dagestanden sind, denn hier ist sie gröber gefallen und war weich und schwefelig und schwer, und sie hat nicht nur die Bäume absterben gemacht, sondern auch eine Menge Hasen, Vögel und andere kleine Tiere, die da waren, getötet. Ich war gestern genötigt, mich zu Meere wieder nach Pozzolo zu begeben, mit Messer Cecco di Loffredo, welcher die Sache, die Messer Pavolo Antonio angeht, führt. Alle Welt war da, um zu schauen, und staunte, und es war nichts zu sehen als der Berg; ich sage nichts im Vergleiche zur ersten Nacht, als der Ausbruch stattfand, d. h. als ich zu schauen ging. Und da niemand aus Neapel das Feuer sah und nur wenige andere, welche die Sache wiederzusagen wüßten, so bin ich fast der einzige, der es erzählen könnte; denn seit der Nacht, in welcher die Menge Leute von hier hingegangen, ist nichts entfernt so Wunderbares erfolgt wie jenes: ich will daher die Sache exemplifizieren. Denken Sie sich, die Engelsburg sei der Feuerschlund, der voll von aufrecht stehenden Raketen sei, so daß eine die andere berührt, und diese würden in Brand gesteckt. Es ist kein Zweifel, daß diese Raketen, obwohl sie grade

in die Höhe gehen, doch beim Fallen eine gewisse Drehung erleiden und nicht auf das Kastell fallen, von dem sie aufgestiegen sind, sondern auf den Tiber oder auf die Wiesen. Denken Sie sich dann, es wären so viele Raketenhülsen auf den Tiber gefallen, daß sie ihn ausfüllten und sich 4 Canne hoch auftürmten, und gegen die Wiesen seien so viele gefallen, daß sie aus dem Weinberge des Messer Bindo bis zum Monte Mario hin einen Berg machten, fast so hoch als Santo Silvestre im Tusculano; gegen San Pietro wären nicht viele Raketen gefallen, weil Westwind wehte und sie nach den früher genannten Teilen trieb. So machte es jener Schlund, welcher gewaltige Massen von Erde und Steine von der Größe eines Ochsen in eine Höhe warf, die nach meinem Urteile 1½ Miglien betrug. Dann fielen sie wieder in der Nähe des Schlundes in ein oder zwei oder drei Armbrustschuß-Entfernung nieder; so füllten sie in einer Nacht jenes Meer (d. h. jenen Meeresteil) aus und bildeten den genannten Berg. Diese Erde und Steine fielen trocken nieder. Dasselbe Feuer warf zur selben Zeit auch eine andere leichtere Erde und kleinere Steine bedeutend weiter in die Höhe; und sie fielen in größerer Entfernung vom Feuer nieder und waren weich und schlammig, ein deutliches Zeichen, daß sie die kalte Region erreichten, und sie machten es wie andere Dämpfe, die, wenn sie dorthin gelangen, sich in Wasser verwandeln. Diese selbe Ursache bewirkte auch, daß die Asche weich und mit etwas Wasser niederfiel, obwohl der Himmel heiter war. Ich könnte wiedergeben und bezeichnen die natürlichen Ursachen sowohl als die materiellen, als die formellen, als auch die wirksamen für das Eintrocknen des Meeres, die von dem Ursprunge jener zuerst kalten, dann lauen Wasserader herrührten; die Ursachen für die Senkung des Bodens und dann für dessen Erhebung, endlich für den Ausbruch des Feuers. In derselben Weise für die Erdbeben, die man hier vorher durch zehn Tage zehnmal in der Stunde fühlte, während in Pozzoto die Erdbeben gar nicht aufhörten, und nach dem Ausbruche waren sie weder hier noch dort mehr zu fühlen. Da ich aber weiß, daß Messer Simon Porzio dieselben dem Vizekönige und dem erlauchten Farnese in sehr gelehrter Weise geschrieben hat, so will ich nicht, daß es aussehe, als wollte ich mich mit fremden Federn schmücken. Pozzolo ist ganz unbewohnt, und man würde das Meer nicht wiedererkennen, das gepflügtes Land zu sein scheint. Zu oberst liegt eine Schicht von Steinchen, die man hier Rapilli nennt, einen halben Palm hoch, welche obenauf schwimmen. Was ich mir aber im Kopfe nicht zurechtlegen kann, ist die große Masse des Materials, das aus diesem Schlunde herausgefördert worden ist; betrachtet man, was ins Meer gelangt ist, den Berg, der sich gebildet hat, die Asche, von der Sie wissen, daß sie davongetragen wurde und daß sie der Rückstand des verbrannten Materials ist; wenn man all das vereinigen könnte, so würde es einen riesigen Berg bilden. Denn erst heute morgen habe ich mit jemand

gesprochen, der von Jebeli (Eboli?) kam, das 45 Miglien von dem Feuer entfernt ist, und er sagte mir, daß dort dieselbe Asche gefallen sei, und es scheint, daß das Feuer sich unter der Erde mehr als 10 Miglien weit gerührt und diese große Masse von Erde in die Höhe geworfen habe, und wenn dies nicht genügen würde, so müßte es sich noch weiter ausbreiten. Und wolle Gott, daß die Höhle sich nicht bis unter Neapel gebildet habe, und erst gestern, als wir zu Lande von Pozzolo zurückkehrten, sahen wir zwei neugebildete Feueressen nahe bei Neapel, nur 3 Miglien entfernt (?). Von ausgezeichneten Männern sind brillante Disputationen gehalten worden, und manche glauben, daß große Gefahr für Neapel vorhanden sei. Man hat Prozessionen veranstaltet, und es wird eine Unzahl sehr tiefer Brunnen zwischen Neapel und Pozzolo gegraben werden, um das Feuer zu löschen. Was die Aspekten betrifft, so bedeutet der Umstand, daß die Raketen, wie ich gesagt habe, von Westen nach Osten geflogen sind, daß der Kaiser die Türken angreifen werde."

In dieser Schilderung ist eine Stelle sehr merkwürdig. Es heißt: „Die Erde begann aufzuschwellen." Das würde also nicht zu jener oben gewonnenen Anschauung stimmen, wonach die Kraterberge bloß entstehen durch Aufschüttung der ausgeworfenen Vulkanprodukte. Denn hier scheint das Auswerfen ja erst zu beginnen, **nachdem** der Hügel gebildet ist, und diese Bildung müßte also als wirkliche, der Eruption vorausgehende **Hebung** betrachtet werden. Wir werden später sehen, welchen Hypothesen über den Vulkanismus das entgegenkäme. Für jetzt aber sei nur erwähnt, daß Francesco del Nero's Bericht an dieser Stelle wahrscheinlich ungenau ist. Am Fuße des heute noch ragenden, aber seit Januar 1539 völlig erloschenen Monte Nuovo finden sich die Ruinen eines antiken, also viel älteren Apollotempels. Die Säulen stehen senkrecht und tragen ein völlig horizontales Gebälk. Hätte hier eine blasige Auftreibung des Bodens stattgefunden, so wäre diese Lage bereits 1538 zur absoluten Unmöglichkeit geworden. Eine Tempelsäule kann wohl aufrecht bleiben, wenn sie von oben verschüttet wird, aber nicht, wenn der Boden sich wölbt. Auch in der Struktur des Berges (Schlacken und Bimssteintuff) spricht alles mehr für eine Aufhäufung loser Vulkanprodukte in ganz dem gleichen Sinne wie bei dem Aschenkegel des Vesuv, und was den Fall eigentlich nur so sehr merkwürdig macht, ist das **Plötzliche** der Aufschüttung, was für eine enorme Stoffmasse spricht, die die Eruption heraufgebracht. Wir werden unten, bei dem mexikanischen Vulkan **Jorullo**, der auch „über Nacht" entstand, die gleiche Erscheinung noch einmal im großartigsten aller bekannten Beispiele vor Augen bekommen.

Der Blick vom Vesuvgipfel, der mit Goethe's schönem Wort „wie ein Bad alle Müdigkeit hinwegnimmt", faßt noch als letztes wertvolles geologisches Charakterbild den Kegel des Berges Epomeo auf der Insel



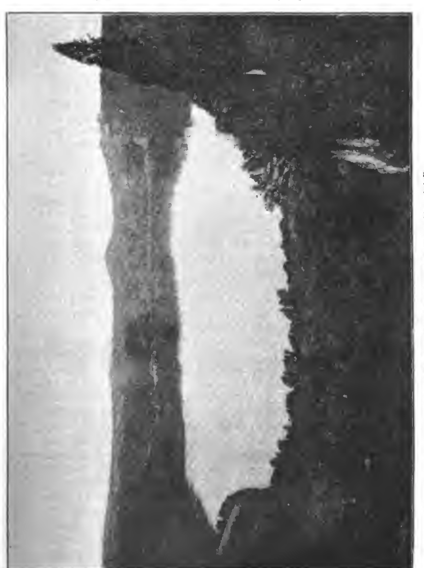
Erdbeben: Ruinen der Himmelfahrtskirche in Casamicciola (Ischia, Golf von Neapel)
nach dem großen Erdbeben vom Juli 1883

Ischia. Die vulkanischen Gebilde haben sich hier wie anderswo nicht an die Wassergrenze gebunden: die Krater ragen weit ins blaue Meer hinaus. Nisita, Procida, Ischia, alle diese Inseln sind vulkanischer Natur, — nicht allerdings Capri, dessen fester Gebirgsblock einen Pionier der beim Kap Minerva die See erreichenden Kreidekalk-Kette des Monte Angelo

bildet, also aus uralten Wasserniederschlägen (Sedimentgestein) besteht. Der letzte vulkanische Ausbruch mit Lavaerguß auf Ischia fand (nicht aus dem 800 m hohen Epomeogipfel selbst, sondern aus einem Seitenkrater) im Jahre 1302 statt. Seitdem beschränkt die innere Thätigkeit sich auf Dampfausströmungen, heiße Quellen und ein drittes, das wir bereits bei der Geschichte Pompejis als Vorboten einer neuen, aber vorerst noch irgendwie verstopften vulkanischen Hauptaktion kennen gelernt haben: gelegentliche jähe Stöße, die als verheerendes Erdbeben ganze Ortschaften in wenigen Sekunden zu Schutthaufen machen. Zweimal in letzter Zeit, am 4. März 1881 und am 28. Juli 1883, hat die Insel solche Zuckungen furchtbarster Art durchgemacht. Das erste Mal brach etwa ein Viertel aller Häuser der Ortschaft Casamicciola zusammen. Noch rühmte man sich, daß festere Bauart genüge, um die Katastrophe gefahrlos zu überstehen. Da kam der Stoß von 1883, und ganz Casamicciola (ebenso eine Menge umliegender Orte) stürzte total ein: 2278 Häuser mit noch etwas mehr Toten zählte man. Der Hauptruck erfolgte um 9 Uhr 25 Minuten abends, mächtiger unterirdischer Donner begleitete ihn. Der Stoß kam so genau senkrecht, daß bewegliche Gegenstände direkt in die Luft geschleudert wurden. Da der Tuffboden von Ischia von warmen Quellen durchwühlt ist, wurde von verschiedenen Seiten die Meinung aufgestellt, die Erdstöße von Ischia seien nicht vulkanischer Herkunft, sondern es handle sich bei ihnen ausnahmsweise um einen inneren Zusammensturz. Selbst menschliche Arbeit (ungeschickter, zum Einsturz führender Bergwerksbetrieb zum Zweck der Ausbeutung der aus zersetztem Tuff entstandenen Thonlager für Ziegeleien und Töpfereien) wurde als Ursache herangezogen. Die Erklärung ist interessant, weil sie uns gleich hier zwei alte Theorien der Erdbeben-Entstehung scharf vorführt. Aus Einstürzen unterirdischer Hohlräume wollte man früher alle Erdbeben erklären. Daß solche Einstürze möglich sind und größere Hohlräume hier und da in der Erdrinde sich finden, kann nicht bezweifelt werden. Trotzdem ist der Beweis selbst in dem Falle von Ischia nicht zu führen gewesen. Ausgrabungen, die man ihm zu Liebe unternahm, erwiesen weder Einsturzspuren infolge der Quellen, noch solche bei den Bergwerken. So ist es denn wohl ziemlich sicher auch hier eine innerirdische, mit Geheimnissen der Erdrinde überhaupt zusammenhängende Ursache, die sich zuerst in Erdbeben (gleichsam als Präludium), dann aber in echten vulkanischen Eruptionen mit Lavaerguß als Schlußakt äußert.

Der Leser möge diese einzelnen Momente sich sammeln, — die endliche erklärende Hypothese des Ganzen wird ihm dann keinerlei logische Schwierigkeiten bieten. Intermittierende Thätigkeit der Vulkane, Erdbeben, Aschen-eruption, Wasserdampf, Lava, Reihung der Vulkane zu Gruppen, Ausfüllung alter Krater mit Wasser, Aufschüttung der Krater durch die Erup-

tionsprodukte: mit diesen Erscheinungen ist uns bereits ein sehr reiches Material gegeben, ohne daß wir unsern Beobachtungskreis auch nur über



Vulkan-Landschaft: Der Nemi-See im Albanergebirge bei Rom.
Der See füllt das runde Kraterbecken eines erloschenen Vulkans. (Nach einer Photographie von Sommer in Neapel.)

den Vesuvhorizont ausgedehnt hätten. Ein Blick auf die weiteren gegenwärtig sämtlich erloschenen Vulkane der italischen Halbinsel: — und ein neuer Fund kommt hinzu.

Der Vesuv und seine engere vulkanische Umgebung bildet nur das südliche Schlußstück einer Kette von vulkanischen Bildungen, die sich, der Hauptlinie der Halbinsel sowohl wie der Kette des Apenninengebirges parallel, auf der westlichen Meerseite von der Grenze Toscanas bis Neapel erstreckt.

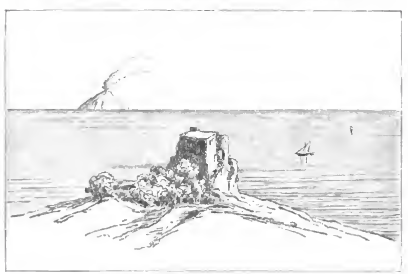
Die wundervoll geschwungenen blauen Berge, die zum Forum in Rom herübergrüßen und den wechselreichen, jedem Künstlerauge unersetzlichen Hintergrund der römischen Campagna bilden, — das Albanergebirge, auch sie sind ein Kraterheerd, wie denn auch Rom selbst durchaus auf altem vulkanischen Tuff steht. Nahe dem klassischen Grabmonument der Cäcilia Metella an der Appischen Straße ragt schon die Stirn eines Lavastroms, der einst vom Albanergebirge gegen Rom herabgeflossen ist. Das ganze Gebirge aber ist eigentlich ein einziger kolossaler Krater, der bei Frascati beginnt, nicht weit von Rocca Priora umbiegt und mit dem Monte Artemisio zum Nemisee überführt. Im Innern steht, wie der Aschenkegel des Vesuv in der Somma-Ruine, ein zweiter Kraterring bei Rocca di Papa, dessen höchster Wallrand im Monte Cavo, wo ein Kloster an Stelle des alten Jupitertempels über herrlichem Eichenwald ragt, 954 m Höhe erreicht. Gleich der Somma ist auch der größere Albanerwall westlich abgestürzt und zeigt hier, als Ausfüllung wohl von Nebenkratern, jene beiden entzückenden, fast kreisförmigen Seen, den Albanersee und den Nemisee, die seit alters zu den landschaftlich eigenartigsten Punkten ganz Italiens gerechnet worden sind.

Geht man von der römischen Gegend etwas nordöstlich aufwärts, so bleibt man unausgesetzt auf vulkanischen Spuren. Der See von Bracciano ist ein alter Krater und nicht minder der große von Bolsena, und so läßt sich die Linie verfolgen bis zum Monte Amiata (1730 m), mit trachytischen Lavaströmen an der Grenze Toscanas, und in einzelnen Solfataren, deren Dampfausströmungen stark genug sind, Steine emporzuschleudern, viel weiter noch nach Toscana selbst (bis nahe an Florenz) hinein.

Diese kettenförmige Reihung einer großen Anzahl von Vulkanen ist gewiß angethan, Interesse zu erwecken. Sie wird aber noch sehr viel bedeutsamer, sobald wir südwärts vom Vesuv nach einer Verlängerung suchen. Allerdings schiebt hier das große, nicht vulkanische Centralgebirge der ganzen Halbinsel im Monte St. Angelo zunächst gewissermaßen einen harten Riegel vor. Es erzeugt ganz intakten Boden. Capri zum Beispiel, seine einsam ins Meer vorgeschobene westlichste Ecke, kennt keine Erdbeben, keine Dampfausströmungen, und nur die Brandung der See nagt langsam an seinem mineralischen Gerüst (vergl. das Bild S. 212) wie an unserem

nordischen Helgoland. Aber wir haben bereits gesehen, daß die vulkanische Thätigkeit sich nichts daraus machte, mitten im Meere auszubrechen und Inselkrater aufzutürmen. Und in diesem Sinne hat jene italische Reihe keineswegs beim Vesuv ihr Ende, — es beginnt sogar, indem die Kette sich schräg nach Sizilien hinüber quer übers Meer spannt, recht eigentlich mit dem Vesuv erst ihre intensivste, das heißt die heute noch thätigste Ecke.

Eine Senkrechte, von Neapel südwärts quer durch das Tyrrhenische Meer gefällt, stößt jenseits des 39. Breitengrades ungefähr auf Alicuri, die



Vulkan-Landschaft: Der thätige Vulkan Stromboli,
von Spadafora an der sizilianischen Küste gesehen.

westlichste der Liparischen Inseln. Damit ist man inmitten eines neuen vulkanischen Herdes. Dem Touristen, der nächtlich mit dem Dampfer nach Messina fährt, scheint der wildeste Höllenspuk hier mitten aus der offenen See heraufzuloben. Was er sieht, ist die Feuersäule des Inselvulkans Stromboli, der Tag und Nacht seit grauester Urzeit bei der Arbeit ist. So wie er heute wütet, haben ihn wahrscheinlich die ersten zaghaften griechischen Schiffer in den Tagen Homers schon gekannt und zum nächtlichen Merkzeichen in der Meeresöde gewählt.*) Die ganze Insel besteht nur

*) Der Geograph Strabo um Christi Geburt verlegt nach Stromboli (Strongyle) den Wohnsitz des Aiolos aus der Odyssee, des Beherrschers der Winde. Seltsam genug ist, daß der Vulkan vor Stürmen heftiger raucht und bei Skirokko-Wind starker donnert, — eine Erfahrung, die jeder Schiffer der Gegend als untrüglich kennt.

aus dem einen Vulkan, — wie es die umstehende, von der sizilianischen Küste aus gezeichnete Skizze sehr anschaulich wiedergiebt. Nur an der Nordseite gewährt ein schmaler Saum vulkanischen Sandes Platz zur Landung und Besiedelung. Immerhin hat es ein kleiner Stamm von etwa 400 braunen Sizilianern fertig gebracht, sich hier festzusetzen und die baumlose Fläche mit Rebenbau und weißen, aus Lava erbauten Häuschen zu beleben. Der Berg steigt steil bis zu wenigstens 900 m an. Vom Kraterrande sieht man zwischen den schwarzen Lavawänden zeitweise die fast weißglühende Lava der Tiefe 90 m etwa unter sich wie einen schimmernden See. Alle Viertelstunde einmal wächst sie bis zum Rande an und entsendet unter mächtigem Knall explosionsartig einen Dampfstrahl, der Lavafetzen und Schlacken an 100 m hoch in die Luft wirbelt, — meist so senkrecht, daß sie auch genau wieder in den Schlund zurückfallen und den Beobachter nicht gefährden. Und dieses rhythmische Aufwallen und Platzen währt nun schon vielleicht drei Jahrtausende, wenn nicht länger. Man ahnt, welche kolossale Kraft des Erdinnern nötig ist, um diese unermüdliche Maschine zu unterhalten, und der Vulkanismus gewinnt eine universalere Gestalt vor diesem relativ kleinen, aber beharrlichen Stromboli fast mehr noch als vor dem großen, aber intermittierenden Vesuv.

Stromboli ist nicht der einzige Spektakelmacher der Liparischen Inseln. Zeitweilig — und neuerdings wieder öfter (1873 und 1888) tobt auch der Volcano (auf der gleichnamigen Insel), einer der wirtschaftlich wertvollsten Krater der Erde, da er mit seinen Ausströmungen von Borsäure zu unseren wichtigsten Boraxlieferanten gehört. Still ist gegenwärtig die größte der Inseln, die Bimsstein-Insel (Bimsstein ist ein vulkanisches Produkt) Lipari, doch hat sie wohlerhaltene Kegel und heiße Quellen genug.

Ich habe erwähnt, daß die Liparischen Inseln gewissermaßen sich in die große italische Vulkanlinie, die in Toscana beginnt, einordnen ließen, falls man keinen Anstand nehme, diese Linie bei Ischia ins Meer abschwenken zu lassen. Hält man das allgemein im Auge, so ist es im engeren wieder lehrreich, zu sehen, wie die Liparischen Inseln gleichsam die Hauptlinie als Centrum für reihenweise Ausstrahlung nach verschiedenen Richtungen benutzen. Genau nach Westen ordnen sich hintereinander Salina, Filicuri und Alicuri, zu denen weit draußen auch noch das einsame Ustica sich anreihen ließe. Eine nordöstliche Linie ziehen Panaria, Basiluzzo und Stromboli. In der Senkrechten nach Süden aber bleiben Lipari, Volcanello und Volcano. Daß im ganzen hier die Hauptroute weitergeht, darüber kann ein Zweifel nicht bestehen. Denn wieder fast senkrecht darunter, aber schon an der Küste Siziliens, bei Cap Calava, dampft eine Fumarole und wenig weiter in die große Insel hinein, — so ragt der Koloß unter den europäischen Vulkanen auf: der Ätna.

Das Neue, was der Ätna zu den Bildern, denen wir bisher begegnet sind, vor allem hinzugiebt, ist eben die Vorstellung der enormen Größe.

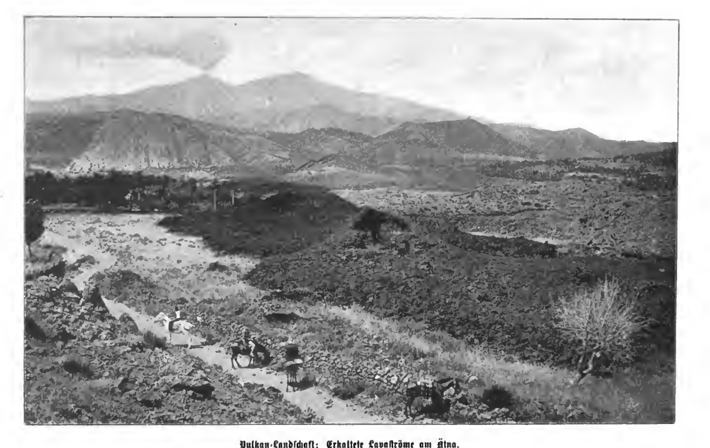


Vulkan-Landschaft: Der Ätna im Schnee.
(Nach Photographie von Sommer in Neapel.)

Der Ätna ist mit seinen 3300 m Höhe über 2½ mal so hoch wie der Vesuv, doppelt so hoch wie unsere Schneekoppe und 300 m höher als die Zugspitze. Der Fuß des Kegels deckt etwa 22 Quadratmeilen, — ganz Sizilien hat nur 532. Der Hauptkrater hat wenigstens 1 km im Durchmesser — bei vielleicht 400 m Tiefe. Bei solchen Dimensionen ist es kein Wunder, daß der Ätna eine Reihe Sondererscheinungen bietet, die mit ihnen zusammenhängen und uns bisher nicht aufstoßen konnten.

Wie der Stromboli, so ist auch der Ätna schon den ersten griechischen Kolonisten, die Sizilien „entdeckten", als Feuerberg entgegengetreten. Pindar (um 450 v. Chr.) singt von der dunkelbelaubten Bergmasse, unter der Zeus den Giganten Typhon begraben hat, von dem schneeigen Gipfel, der immerzu scharfen Frost hegt, von den Kratern, die tagesüber Wogen geröteten Rauches auswirbeln, in finsterer Nacht aber wild prasselnd in purpurner Glut Felsgesteine bis zu des Meeres tiefgründiger Fläche hinabwälzen. Äschylos kennt ebenfalls die Glutströme des Ätna, die ringsum die fruchtumglänzten Segensauen Sikelias verzehren. Um Christi Geburt liefert dann Strabo einen so klaren, wissenschaftlichen Bericht, daß man heute noch in knappem Wort es nicht viel besser könnte. Aus dem ersten vorchristlichen und den ersten beiden nachchristlichen Jahrhunderten sind in den antiken Quellen volle 23 Ausbrüche verzeichnet. Nahe dem Gipfel ragt heute noch der Rest einer Schutzhütte aus den Tagen des reiselustigen Kaisers Hadrian. Damals hatte verfeinerter, zur Romantik neigender Natursinn bereits das Besteigen hoher Gipfel (zum Genuß des Sonnenaufgangs) zu einer Modesache gemacht, genau wie sie es heute ist.

Der landschaftliche Reiz des Berges durfte in der That locken. Aus der üppigen Zone des östlichen Meeresufers der Insel bei Catania und Taormina mit ihren Orangen und Feigenbäumen, ihren Weinbergen und Kaktushecken erhebt er sich so hoch, daß an der Nordseite auch im Sommer der Schnee liegen bleibt. Mit Staunen folgt der Pflanzenkenner dem schichtenweisen Wechsel der Vegetation nach oben, der einer Reise von Italien etwa nach Norwegen entspricht. Bis 700 m reichen am Südabhang die Oliven, bis 1000 der Weinstock. Bis zu 1300 m geht von Fruchtbäumen nur noch die Kastanie. Dann, bis 2200 m, kommt die eigentliche Waldregion, Birken, Buchen, Eichen und zuletzt Schwarzföhren. In den höheren Teilen dieser Waldzone liegt der Schnee bis in den Sommer hinein. Hier und da durchbrechen gespenstisch nackte, erkaltete Lavaströme den Baumstand, aber die Flächen sind so riesig, daß jene den Wald nicht ganz haben besiegen können. Je höher hinauf in der Waldregion, desto mehr zeigt sich, was auch auf dem Kamm unseres deutschen Riesengebirges dem Wanderer so auffällig in der Region des „Knieholzes", der flach wie Gesträuch hingekauerten, stammlosen Kiefern, entgegentritt: die Bäume, besonders die Buchen, gehen in Zwergform über. Dafür wächst der Ginster-



Vulkan-Landschaft: Erkaltete Lavaströme am Ätna.
Im Hintergrund umgeben eine Menge von Nebenkratern den dampfenden Hauptberg. Die Eruption eines solchen Nebenkraters zeigt das Bild S. 673.
(Nach Photographie von Sommer in Neapel.)

busch mit seinem Blütengold schon an der untern Grenze der Waldregion umgekehrt fast zu Bäumen aus. Oberhalb 2600 ist auch die Strauchgrenze: die nackte, schwarze Lavafläche beginnt. Die letzten 300 m des obersten Aschenkegels sind dann absolut kahl, und die Luft weht selbst im Sommer schneidend wie im Norden.

Macht schon dieser Vegetationswechsel die Abhänge des Riesenberges außerordentlich belebt, so giebt ein zweiter, ebenfalls in der großen Höhe des Ganzen begründeter Umstand dem Bilde noch einen ganz einzigartigen Reiz. Der Leser betrachte das umstehende Bild. Er sieht den Hauptberg fast erdrückt unter einer Masse von kleineren Nebenkratern. Seit langer Zeit entsenden diese, selbst oft wieder zu recht stattlichen Bergen aufgetürmten Satellitenkrater allein jene ungeheuren Lavaströme, die bis nach Catania hinab und ins Meer hinaus wie cyklopische, rohe Mauern das grüne Land durchqueren. Der eigentliche Gipfelkrater dampft zwar unausgesetzt, wirft auch Asche aus und schleudert den Besuchern gelegentlich seine großen Bomben nach, aber zum Lavaerguß kommt es bei ihm nicht mehr, der Berg ist zu hoch. Ehe die aufsteigende Lavasäule die oberste Öffnung erreicht, wirkt der Seitendruck auf die Bergwände so intensiv, daß diese jedesmal irgendwo platzen, und über der Seitenspalte wirft dann die hervorquellende Lava sich einen neuen Kegelberg auf. Auf diese Weise sind über 200 solcher parasitischer Kraterhöhlen entstanden. Das gewaltigste Denkmal derart bilden die sogenannten Monti Rossi. Hier platzte der Berg im Jahre 1669 in furchtbarster Katastrophe. Ein Riesenstrom glühender Lava floß langsam gegen Catania zu abwärts. Was er fand, riß er mit und begrub es. Man erzählte noch lange, wie er einen ganzen Weinberg stundenlang auf sich fortgeschleift. An der Stadtmauer von Catania türmte sich die zähe Masse auf, bis die obersten Blöcke sich endlich langsam darüber weggschoben und in die Stadt hineinkollerten.*) Schließlich baute die Lava noch ein weites Vorgebirge ins Meer hinein. Stellenweise hatte dieser Strom eine Breite von 4300 m gehabt, 14 Ortschaften sanken unter ihm dahin, und nach Jahren war er noch immer nicht ganz erkaltet.

*) Zum Verständnis dieses Vorgangs ist es wichtig, sich zu vergegenwärtigen, wie Lava „fließt“. „Die Oberfläche der Lava,“ so definiert Karl Vogt den seltsamen Vorgang, „erkaltet sehr schnell, verhärtet und bietet nun eine vielfach gespaltene Kruste dar, aus welcher noch überall Wasserdämpfe sich entwickeln. Die unter dieser Kruste fortglühende Lava, welche nur äußerst langsam erkaltet, fließt langsam vorwärts, indem die verhärtete Decke beständig unter dem Drucke der feuerflüssigen Masse zerreißt und gleich einem Haufen von Blöcken übereinander fortgeschoben und vorwärts geschoben wird. Ein Lavastrom bietet sonach nicht sowohl das Bild einer fließenden Schlammmasse, als vielmehr dasjenige eines Flusses dar, dessen Oberfläche beim Eisgang von zahllosen Eisblöcken überdeckt ist, auf welchem die Eistrümmer sich übereinander schieben und drängen und bei jedem Hindernis aufstauen, bis das Wasser den von ihnen gebildeten Damm durchbricht und sie von neuem vorwärts reißt.“



Vulkan-Landschaft: Die Eruption aus einem Seitenkrater des Ätna im Sommer 1892.
(Vergl. Text S. 674 ff. — Nach einer Photographie von Sommer in Neapel.)

Der letzte Seitenausbruch des Ätna hat im Sommer 1892 stattgefunden. Eine anziehende Schilderung, die ein Augenzeuge, Benedikt Friedländer, entworfen, mag hier ganz wiedergegeben sein, sie wird dem Leser ein wesentlich besseres Bild liefern, als es die bloßen Zahlenangaben vermögen.

„Am Abend des 12. Juli,“ erzählt der Beobachter, „fuhr ich von Neapel mit einem Küstendampfer ab, kam am Abend des 13. in Messina an und reiste von da am Morgen des 14. mit der Bahn nach Catania. Schon vom Eisenbahncoupé aus war der Dampf sichtbar, kein weißlicher Dampf, wie derjenige eines ruhigen Vulkans, sondern ein dicker, graubrauner Qualm, der stoßweise in rundlichen, den Haufenwolken ähnlichen Massen hervorquoll, als breite Säule langsam aufstieg und in größerer Höhe vom Winde erfaßt, einen langen Wolkenstreifen bildete. Die berühmte „Pinienform“, welche die Schutt und Staub mitreißenden Dämpfe bei größeren Eruptionen annehmen, hatte ich bei einem früheren Ausbruch des kleinen (ca. 350 m hohen) Volcano noch schöner gesehen. Der Centralkrater, welcher nach Zeitungsnachrichten am Abend des 8. Juli eine Stunde lang eine kolossale Dampfpinie produziert haben soll, gab jetzt zu meiner Überraschung nur ganz wenig eines bläulichweißen, aschefreien Rauchs von sich. In Catania angelangt, stieg ich zunächst auf das Dach des Hotels, von wo man das ungeheure, gleichseitige Dreieck der Konturen des Ätna grade vor sich und etwa in der Mitte die Eruptionsstelle wahrnahm. Man hörte ein ununterbrochenes, leises, donnerartiges Krachen und Rollen, welches von der 23 km entfernten Eruptionsstelle her deutlich vernehmbar war; ja an manchen Tagen sollen in Catania die Fensterscheiben geklirrt haben und das Getöse bis Syrakus hörbar gewesen sein. In Catania war die Eruption der ausschließliche Gesprächsgegenstand; Jungen riefen die neuesten Depeschen aus Nicolosi als „bolletino dell' eruzione dell' Etna“ aus; auf den Straßen und in den Restaurants hörte man überall von den neuen Kratern, den Lavaströmen u. s. w. reden. Gegen Abend, als die größte Hitze vorüber war, und nachdem ich in dem Bureau der Sektion Catania des italienischen Alpen Klubs, wo nicht nur Karten des Eruptionsfeldes auslagen und die neuesten Depeschen angeschlagen waren, sondern auch ein Mitglied des Klubs jederzeit Auskunft und Ratschläge erteilte, mich über den Stand der Dinge informiert hatte, fuhr ich mit einem Einspänner nach Nicolosi. Die Steigung beginnt bereits in der Stadt Catania, deren lange, breite und schöne Ätna-Straße von Süden nach Norden sehr merklich, wenn auch nur sanft, bergauf führt. Demnach liegt Catania bereits auf dem Abhang des Ätna. Dann zieht sich die Fahrstraße durch reiche Agrumi- (Sammelname für Apfelsinen, Citronen, Mandarinen und verwandte Früchte) Gärten, an Hecken der abenteuerlichen, in Süditalien und besonders Sizilien überall angepflanzten Kakteen („Fichi d' India“), durch zwei größere Dörfer und zuletzt über einen frischen, mit Ginster, dessen Gesträuch für die italienischen Vulkane gradezu charakteristisch ist, bewachsenen Lavastrom in allmählicher Steigung hinauf. Eine Unannehmlichkeit bildet schon hier, wie überhaupt auf dem Ätna, der abscheuliche, schwarzgraue Staub von verwitterter und pulverisierter Lava. Die eigentliche Dämmerung hatte noch nicht begonnen, als auch

schon die Glut durch die Dämpfe hindurch sichtbar wurde, ähnlich wie Raketen im Augenblick ihres Aufsteigens, wenn sich auf dem Boden bereits eine Schicht von Pulverdampf angesammelt hat, nur breiter, von längerer Dauer und mehr rötlicher Farbe. Der Lärm wurde vernehmlicher, je näher man kam, in das Donnern mischte sich von Zeit zu Zeit ein kürzeres, schärferes Knallen, wie von Kanonenschüssen. Mit Einbruch der Dunkelheit kam ich in Nicolosi an. Das Dorf bot einen ungewohnten Anblick. Eine Menge von Einspännern, Dorfbewohnern, Männern mit Laternen, Maultieren, Kutschern, Polizei drängte sich durcheinander, ähnlich wie es in süditalienischen Dörfern bei Festen zuzugehen pflegt, nur daß diesmal das Feuerwerk ein natürliches und furchtbar verheerendes und die Stimmung der Betroffenen begreiflicherweise eine sehr besorgte war. Nachdem ich ein halbes Dutzend Leute, die mich „zur Lava“ führen wollten, abgewiesen hatte, drängten wir uns glücklich bis zum Albergo Liotta durch, dessen Wirt mich sofort wieder erkannte und mit Höflichkeiten überhäufte; zum Abschied kam ich sogar nicht um den landesüblichen Kuß. Ich setzte mich alsbald mit dem Führerchef in Verbindung, bestellte Führer und Maultiere und beobachtete dann von dem kleinen freien Platz, an welchem das ganz leidliche Hotel gelegen ist, die Eruption mit dem Feldstecher. Es waren hier deutlich die drei Öffnungen zu unterscheiden, die ziemlich genau von NNW nach SSO, also von Catania oder Nicolosi aus gesehen, mehr hinter- als nebeneinander lagen. Die untere warf ohne die geringste Unterbrechung eine breite und hohe Fontäne glühender Brocken aus, die mit dem Feldstecher sehr gut als einzelne Stücke zu unterscheiden waren; die obere „bocca“ arbeitete mehr mit Unterbrechungen, ihre Projektile erreichten aber dafür eine viel größere Höhe.

Die letzte Eruption, die des Jahres 1886, hatte einen großen, etwas verästelten und zum Teil sehr breiten Lavastrom produziert, dessen Längsrichtung gleichfalls etwa von NNW nach SSO gerichtet und der bei Tage durch die dunklere Farbe leicht von älteren Strömen zu unterscheiden ist; an der Stelle des Dampfausbruchs hatte sich damals aus den in die Luft geschleuderten Fetzen geschmolzener Lava in etwa 1450 m Höhe der Monte Gemellaro gebildet. Die gegenwärtige Eruptionsstelle ist etwas höher, ganz ungefähr 1900—2000 m über dem Meeresspiegel gelegen, hat drei neue Kegel aufgeschüttet und der Hauptsache nach zwei große Lavaströme ergossen, die westlich und östlich unmittelbar an dem des Jahres 1886 vorbeifließen, teilweise auch über jenen hinübergegangen sind. In der ersten Periode der Eruption, als ich dort war, war der westliche Arm der in jeder Beziehung gefährlichere; nach den letzten Nachrichten hingegen ist nunmehr der östliche Strom der bedeutendere; wäre übrigens die gleiche Lavamenge in kürzerer Zeit und ohne ein zeitweiliges Nachlassen ausgeströmt, so wäre wohl die Zerstörung von Dörfern unvermeidlich eingetreten; infolge

jener Schwankungen in der Geschwindigkeit des Ausflusses hatten sich aber die ersten Ströme bereits so weit abgekühlt, daß ihre Fronten nur noch ganz langsam — wenige Meter in der Stunde — vorrückten und schließlich erstarrten, während die oben nachfließenden Massen sich über die zuerst ausgeflossenen wälzten.

Endlich waren Führer und Maultiere bereit, und wir machten uns auf den Weg, der anfangs die unten mit Weinbergen bedeckten monti rossi unterhalb in westlicher Richtung umgeht. Sobald wir an diesen vorbei waren, erblickte man den größten Teil des westlichen Lavastroms. Von dem untersten der thätigen Krater, dessen unterer Rand breit ausgeschnitten war, erstreckte sich ein glühender Strom oben, namentlich an der rechten Seite fast frei von erkalteten Schlacken, hinab; die Quelle jedoch war nicht sichtbar. Der breite, sandige und staubige Weg führt vorwiegend durch Wein- und Obstpflanzungen allmählich bergan. Beinahe war es überflüssig, daß wir eine Laterne mitgenommen hatten; denn der Weg wimmelte von Besuchern, anscheinend meist Sizilianern, aber auch Italienern und einigen Fremden, welche teils zu Fuß, teils zu Maultier, mit Laternen und Fackeln einherzogen; die Mehrzahl ging nur bis zur vorrückenden Front des westlichen Lavastroms. Auch eine Schar von Wasser- und Limonadenverkäufern hatte sich niedergelassen, die gleichfalls mit Laternen versehen, schon von weitem ihr „acqua frisca“ ausriefen. Eigentümlich für die Physiognomie aller italienischen Vulkane, soweit sie bebaut sind, sind die Mauern, mit denen die einzelnen Gärten gegen den Weg eingehegt sind. Sie bestehen, ohne jede Zuthat von Mörtel, aus übereinander gehäuften Lavabrocken und Schlacken, wie sie die Oberfläche der meisten Lavaströme bilden. Diese äußerst rauhen, mehr oder minder porösen, rotbraunen bis schwarzgrauen Steine und Blöcke sind einfach übereinander geschichtet. Zwischen solchen freilich meist niedrigen Mauern führt der Weg durch Wein- und Obstgärten hindurch.

Schon von weitem fielen einzelne helle Flammen auf, die hier und da am Rande der Lava sich gegen deren dunkelrote Glut abhoben — es waren dies brennende Bäume und Weinreben. An einer Stelle des Weges, wo eine ganze Karawane von Maultieren sich angehäuft hatte, stiegen wir nach etwa einer Stunde Reitens ab und gingen etwa zehn Minuten einen engen Seitenweg nach Osten; über einige niedrige der erwähnten Mauern aus Schlacken gelangten wir schließlich in einen Weingarten, in dem eine Menge der verschiedensten Leute, Bauern, Führer, Fremde, Wasserverkäufer, mit Laternen und Fackeln versehen, sich unbekümmert um die Reben herumtummelte; denn in wenigen Stunden war der Weingarten in eine wüste, rotglühende Schuttmasse verwandelt. Wir befanden uns unmittelbar vor der Front des großen, weithin Hitze strahlenden westlichen Stromes. Ein Lavastrom ist ungemein schwer zu beschreiben; insbesondere weicht die

untere Zunge eines großen, schlackenbedeckten Stromes ganz und gar von dem Bilde ab, welches man sich im allgemeinen davon konstruieren wird. Am Vesuv hatte ich freilich wiederholt kleine, oben kaum einen Meter breite Strömchen gesehen, die, stellenweise frei von jeder Schlackendecke, eine frische, hellrotglühende Oberfläche zeigten, ziemlich schnell, ich schätzte etwa zehn bis zwanzig Centimeter in der Sekunde, bergab flossen und in welche schon bei mäßigem Druck ein starker Stock leicht eindrang; weiter unten waren freilich auch jene breiter und mit Schollen erstarrter Kruste bedeckt, welche, durch die Bewegung der unten fließenden, geschmolzenen Masse durcheinander gerüttelt und hinabkollernd, einen Lärm machten, wie grobe Porzellanscherben oder Ziegelsteine; ganz anders stellte sich aber der große Lavastrom des Ätna dar. Es war das ein wüster Haufen oder vielmehr ein breiter Damm groben, schwarzgrauen Schutts, Gerölls und gewaltiger Blöcke, von wildgezackter Oberfläche, etwa sechs Meter hoch — stellenweise soll die doppelte Höhe erreicht sein —, zerborsten und rauh. Aus zahllosen breiten und schmalen Spalten, Rissen und Vertiefungen leuchtete die helle Rotglut heraus; näher als etwa fünf Schritte heranzugehen kostete bereits wegen der strahlenden Wärme ziemliche Überwindung; mit vor das Gesicht gehaltenem Hut gelang es mir, bis so nahe heranzukommen, daß ich mit einem allerdings nur schwachen Stock den Grad der Flüssigkeit an einer rotglühenden Stelle probieren konnte. Der Stecken drang aber nicht mehr ein und nach wenigen Sekunden mußte ich mich wegen der unerträglichen Glut zurückziehen. Und dennoch floß dieser Strom, ja schnell genug, angeblich achtzig Meter pro Stunde! Fortwährend fielen kleinere, teils erkattete, teils noch glühende Steine herab, in kurzen Zwischenräumen lösten sich große, centnerschwere Blöcke los und polterten hinunter; wo sie abgebrochen waren, trat die helle Rotglut zu Tage; und an einer jeden solchen frischen Bruchfläche rieselte ganz feiner, rotglühender Schutt nach. — Auch das spröde Eis eines Gletscherstroms wird bekanntlich unter dem Druck der übereinander liegenden Massen plastisch und fließt, freilich noch weit langsamer als jener Lavastrom. Bald hier bald dort ging eine Rebe oder ein Ölbaum in Flammen auf; und so rückte, teils als rutschende, rollende und rieselnde Schuttmasse, teils als äußerst zähflüssige, rotglühende Flüssigkeit, das Ganze langsam, gleichmäßig und unaufhaltsam auf dem sanftgeneigten Abhange vor, üppige Pflanzungen in Wüsten anfangs glühenden, später schwarzgrauen Gerölls und Gesteins verwandelnd. Die schweigende Menschenmenge zwischen den baldigem Untergange geweihten traubenreichen Reben, beleuchtet vom Monde, Laternen, Fackeln und der roten Glut der Lava, das Knistern des frischen, verbrennenden Holzes, der brenzliche Geruch grünender, verkohlender Ölbäume, das Geräusch der herabfallenden Steine, ab und zu das dumpfe Poltern großer, glühender, herabkollernder Blöcke; das ferne Grollen und Knallen der noch fast eine Meile entfernten Krater,

die ununterbrochen Garben glühender Steine hoch in die Luft schossen — alles vereinigte sich zu einem unbeschreiblich großartigen und düstern Gemälde.

Wir kehrten zu unseren Maultieren zurück und ritten weiter hinauf, anfangs immer noch durch Weingärten und Obstpflanzungen; bald aber, etwa in 1100 Meter Höhe, werden die Kastanien (nicht etwa Roßkastanien, sondern die sogenannten „echten Kastanien“) mehr und mehr vorherrschend. Es beginnt die „Waldregion“ des Ätna. Thatsächlich sind diese Kastanienforste auch nach deutschen Begriffen eine Art Wald, der im Winter, wenn der Boden mit Schnee bedeckt ist und die Bäume kahl sind, inmitten der südeuropäischen Landschaft den Nordländer fast heimatlich anmutet; im Sommer bildet der schwärzliche, weiche Lavasand bei Tage einen eigenartigen Kontrast gegen die hohen, hellgrünen Wedel massenhaften Farnkrauts und die buschigen Kronen der Bäume; in jener Nacht aber zeichneten sich die Stämme und Zweige von der im Hintergrunde durchschimmernden Glut der Lava und des Feuerregens der drei Krater ab. Nach etwa einundhalb Stunden, nachdem wir die Lavafront verlassen hatten, langten wir an der einfachen „casa del bosco“ („Waldhaus“) in ca. 1440 Meter Höhe an; es mochte gegen zwei Uhr nachts sein, als wir auf einen nordöstlich von jenem Hause gelegenen, bewaldeten Seitenkegel stiegen, dessen Gipfel ich auf ungefähr 1550 Meter bestimmte, und der mit einigen benachbarten Hügeln als „Monti Faggi“, (oder wie die Sizilianer in ihrem Dialekt, der sich zum italienischen etwa verhält wie das „Schwyzer Dütsch“ zur Schriftsprache, aussprachen „munti Faï“) bezeichnet wird. Von hier hatten wir nach Nordosten gegen die drei thätigen Vulkankegel, sowie überhaupt nach Osten und auch abwärts nach Südosten, freie Aussicht. Soweit das Auge reichte, erstreckte sich der gewaltige, schwarz und glühend gefleckte Lavastrom hinab, einem langen, zerklüfteten Gletscher vergleichbar, dessen Spalten glühend waren; ja die untersten, weit entfernten Teile und der nur teilweise im Hintergrunde sichtbare Oststrom machten fast den Eindruck einer ausgedehnten Stadt mit zahllosen, hell erleuchteten Fenstern und Laternen. In weiter Ferne leuchteten hier und da am Rande des Stromes die Flammen der brennenden Bäume auf. Weiter oben war die Schlackenbedeckung geringer und der schon erwähnte breite Streifen am Ostrande des westlichen Stromes war sogar fast ganz blank und von ununterbrochener, hellglühender Oberfläche. An einen großen Ginsterbusch gelehnt, betrachtete ich lange das unvergleichliche Schauspiel. Die untere „bocca“ (Öffnung) war die weiteste, der aufgeschüttete Kegel der niedrigste der drei, und sein Kraterrand nach unten, also Süden, breit gespalten; dort quoll offenbar die Hauptmasse der Lava hervor. Weiter östlich hinter den drei Kegeln sollten sich andere Lavaquellen befinden, die ich aber nicht zu sehen bekommen habe. Ununterbrochen entstieg seinem Gipfel eine breite Garbe glühender Steine, wohl an 200 Meter hoch; der oberste Kegel, der höchste,

schoß ungleichmäßiger, aber viel höher, stieß massenhafte, aschеführende Dämpfe aus, während der mittlere Kegel ein mittleres Verhalten zeigte. Wenige Sekunden nach jedem stärkeren Schusse langte ein dumpfer Knall oder ein Donnern zu uns. Es begann die Morgendämmerung, der frische, kühle Wind wurde stärker und wir stiegen zur casa del bosco hinab. Das saftige Grün der Kastanien hob sich mit der wachsenden Lichtstärke lebhafter von dem schwarzgrauen Hintergrunde der „regione deserta" ab. Gerade vor uns ragte hinten das langgezogene Dreieck der Montagnola empor, die stellenweise dem Unkundigen wegen größerer Nähe als der höchste Gipfel erscheint. Die Sonne ging auf und färbte die Dampfmassen zart rötlich. Jetzt war deutlich zu unterscheiden, daß dem obersten Kegel ein ganz undurchsichtiger, aschenschwangerer, schwärzlicher Qualm entstieg, ununterbrochen, aber bald mehr, bald weniger, ab und zu wie mit explosionsartiger Heftigkeit; in diesem Falle schoß er auch große, glühende Massen empor, deren dunkelrote Glut auch jetzt noch deutlich sichtbar war, den Rauch erleuchtete und dem unteren Teil der Dampfsäule das Aussehen einer gewaltigen, rußigen Flamme verlieh. Der Rauch des mittleren Kegels führte weniger Asche und war hell gelblichgrau; der des unteren war aschefrei und hell bläulichweiß, wie auch die zarten Rauchwölkchen und der Dunst, welcher bei Tage anstatt der nunmehr vom Sonnenlicht unsichtbar gemachten Glut den Lauf der frischen Lava bezeichnete. Es war eine wunderbare Farbenzusammenstellung. — — Beim Abstieg besuchte ich noch einmal die Lavafront; bei der Tagesbeleuchtung war sie von dem längst erkalteten Strom des Jahres 1886 nur dadurch zu unterscheiden, daß über ihrer Oberfläche infolge der ungleichen Lichtbrechung durch die aufsteigende heiße Luft alle Gegenstände zitterten und ein leichter, bläulicher Rauch aufstieg; nur in größerer Nähe nahm man an frischen Bruchflächen auch bei Tage die Rotglut, sowie natürlich die strahlende Wärme und das vorher beschriebene Vorrücken wahr."

Jene südwärts streichende Vulkanlinie, die wir jetzt von Toscana bis zum Vesuv verfolgt haben, geht über Sizilien weg noch einmal ins Meer hinaus. Zwischen Kap Granitola und der afrikanischen Küste zeigt die Insel Pantellaria einen Bergring mit einem lauwarmen Kratersee, der gelegentlich von aufsteigenden Gasen in Wallung gerät. Nicht weit von Pantellaria aber regt sich die vulkanische Kraft gar unterseeisch. Schon aus dem Anfang des vorigen Jahrhunderts wird aus diesem Meeresstrich zwischen Sizilien und Afrika von der Neubildung einer Insel berichtet. An der Stelle, um die es sich handelt, war aber vor 1831 bei 100 Faden Tiefe mit dem Senkblei noch kein Grund zu finden. Im genannten Jahre

sollte dann plötzlich eine thatsächliche vulkanische Insel hier heraufwachsen, deren Entwickelungsgeschichte höchst interessant ist und deren politische Einordnung nebenbei einer gewissen Tragikomik nicht entbehrt. Wir lassen den regen Erforscher des Vulkanismus Carl Fuchs berichten.

„Das Ereignis, durch welches diese, in der Geschichte vulkanischer Erscheinungen so denkwürdige, Insel entstand, fand zwischen der Insel Pantellaria und dem Städtchen Sciacca an der sizilianischen Küste statt, 37° 2′ n. Br. und 10° 16′ östl. von Paris = 30° 16′ von Ferro. Schon



Das Observatorium auf dem Ätna, 2942 m überm Meer.

im Juni des Jahres 1831 will man auf Sizilien, besonders der benachbarten Küste, Erdbeben und eine ungewöhnliche Bewegung des Meeres wahrgenommen haben. Da diese Angaben aber erst nach der Entstehung der Insel gemacht wurden, so dürfte denselben kein allzu hoher Wert beizulegen sein. Die erste verbürgte Nachricht hat man von dem Führer der sizilianischen Brigantine „il Gustava“, Namens Francesco Trefiletti erhalten. Dieser sah am 8. Juli eine große sich erhebende Wassermasse, etwa 80 Fuß hoch. Zehn Minuten lang sprudelte das Wasser aufwärts und sank dann wieder nieder. Unter heftigem Getöse entwickelte sich eine dicke Rauchwolke. Dieselbe Erscheinung wiederholte sich alle 15 bis 30 Minuten. Erst am 12. Juli bemerkte man in Sciacca Schlacken auf den Wellen und tote Fische und am 13. sah man endlich eine Rauchsäule, die am Abend sich in hellen Feuerschein verwandelte. Die Menge der ausgeworfenen Schlacken

scheint sehr bedeutend gewesen zu sein, denn an der Küste Siziliens häuften sich dieselben in hohen Schichten an.

Auf die Nachricht von diesem Ereignisse reisten die deutschen Forscher Fr. Hoffmann, Philippi, Escher und Schulz, die sich damals grade auf Sizilien befanden, an den Schauplatz der Thätigkeit des neuen Vulkans und langten dort am 20. Juli an. Als sie in die Nähe kamen, sahen sie, daß eine Insel entstanden war, welche aus dem Rande eines Kraters bestand, der noch fortwährend Schlacken auswarf. Geräuschlos stiegen, in große Kuzeln geballt, Dämpfe auf, blendend weiß, wie frische Baumwolle, welche zusammen eine wohl 2000 Fuß hohe Rauchsäule bildeten. Jedesmal nach zwei oder drei Minuten fuhren dunkle Schlacken durch die weiße Rauchmasse blitzschnell hindurch. Plötzlich aber folgte ein so dichter Schlackenauswurf, daß die Schlacken eine 600 Fuß hohe Säule zu bilden schienen, die sich am oberen Ende garbenförmig ausbreitete! Die emporgeschleuderten Steine waren ganz schwarz, nur zuweilen zuckten helle Blitze durch, welche sich nach allen Richtungen verbreiteten. Diese Eruption war von keinem Getöse begleitet, man vernahm nur das Rasseln der zusammentreffenden und auf dem Kraterringe niederfallenden Schlacken. Dieser Auswurf dauerte etwa 8 Minuten ununterbrochen. Um diese Zeit schien die Insel an der östlichen Seite am höchsten, etwa 60 Fuß hoch, und hatte einen Durchmesser von 800 Fuß.

Am 2. August nahmen die Engländer, nach allen Formen des Seerechtes, Besitz von der neuen Insel, welche sie Graham nannten. Da dieselbe jedoch innerhalb der sizilianischen Gewässer entstanden war, so wurde ihnen der Besitz streitig gemacht. Auch über den Namen konnte man sich nicht einigen, welchen das neue Eiland erhalten sollte. Der gebräuchlichste Name war Isola Ferdinandea, der sich bis heute auch erhalten hat. Die übrigen Namen, welche von einzelnen der Insel beigelegt wurden, sind, außer Graham, Hotham, Julia, Corrao und Nerita.

Gemellaro kam am 4. August an der Insel an. Die Kratereinfassung war an der Nordostseite zerstört, und wenn nach bestimmten Zwischenräumen neue Ausbrüche erfolgten, so stürzte das Wasser aus dem Krater durch diese Öffnung in das Meer.

Vom 12. August an war die Rauchsäule in Sizilien nicht mehr sichtbar. Am 25. August ward die Insel wieder besucht und schien aus zwei nahezu gleich hohen Hügeln gebildet. — Am 26. September fuhr Hoffmann nochmals zu der Insel und erkannte sogleich, daß dieselbe ihre Gestalt bedeutend verändert hatte. Er fand an der Westseite einen Bergrücken von 40—50 Fuß Höhe, wo bei seinem ersten Besuche die Insel kaum über dem Meeresspiegel lag; die nordwestliche Spitze hatte eine Höhe von 70—80 Fuß. Die Ostseite der Insel war dagegen schon niedriger geworden. Lava war nirgends zu finden, dagegen konnte man an einigen Abstürzen leicht er-

kennen, daß die Insel nur aus lockerem groben Sande bestand, in welchem hie und da größere Schlackenstücke lagen. Die Sandmasse bildete sehr regelmäßige, 2—3 Zoll mächtige Schichten, oft noch durch verschiedene Salzkrusten von einander getrennt. Die Schichten waren sowohl nach außen, als nach innen geneigt. Der Krater rauchte noch etwas und Schwefelwasserstoff, auch Bitumen waren deutlich zu riechen.

Drei Tage später besuchte Constant Prévost die Insel und untersuchte dieselbe genau. Sie stieg sehr steil aus dem Meere, indem dasselbe dicht an ihren Küsten eine Tiefe von 700 Fuß besaß. Der Umfang der Insel

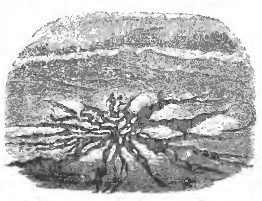


Erdbeben: Trichterförmige Erdlöcher,
die sich bei dem Erdbeben von Calabrien 1783 bildeten. Sie hatten bis zu 8 Fuß Durchmesser und waren zum Teil mit Wasser gefüllt. Vergl. auch das Bild auf S. 537.
(Nach C. Vogts Lehrbuch der Geologie und Petrefaktenkunde.)

betrug etwas über 2000 Fuß, die größte Höhe 250 Fuß. Das im Krater befindliche Wasser war in beständig siedender Bewegung, da aus demselben fortwährend weiße Dämpfe in großer Menge aufstiegen, die Schwefel und Kochsalz absetzten. Jede der aus dem Boden aufsteigenden Gasblasen warf mit schwacher Verpuffung vulkanischen Sand in die Höhe, wodurch sich ein kleiner Eruptionskegel bildete; einer derselben, und es waren Tausende, erreichte eine Höhe von 5—6 Zoll und warf längere Zeit Schlacken aus, bis zu einer Höhe von 2 Fuß.

Da die Insel nur aus locker aufgeschichtetem vulkanischen Sande bestand, so ward es den Wogen leicht, dieselbe wieder zu zerstören. Schon Ende November 1831 war die Insel dem Wasserspiegel wieder gleich und am 28. Dezember fand man an ihrer Stelle eine Meerestiefe von 24 Klafter. Zu Beginn des Jahres 1864 schien sich die Tiefe des Meeres an derselben Stelle wieder allmählich zu vermindern."

Berge aufschüttend ist uns der Vulkanismus schon beim Vesuv erschienen. Bei der Insel Ferdinandea haben wir ihn jetzt auch gesehen, wie er Inseln über die Meeresoberfläche herauftürmt. Und immer deutlicher haben wir an diesem Endpunkt Ferdinandea eingesehen, wie jene große Linie von Toscana her offenbar gegen Süden hin immer „lebendigere" Erscheinungen zeitigt. Dort in Toscana nur noch die dampfenden Solfataren. Dann, vom Vesuv über den Stromboli zum Ätna lauter lebhaft thätige Centra. Endlich in der Nähe von Pantellaria ein geheimes, gleichsam noch unreifes Wühlen, das sich erst einen festen Ort im Meere schaffen will, um einen ständigen Krater zu bilden. Kein Wunder, daß ganz Unteritalien, das so reger Thätigkeit nahe liegt, selbst in den nicht unmittelbar anschließenden Gegenden beständig der Schauplatz wilder Zuckungen ist, die als entsetzliche Erdbeben tausendfaches Unheil anrichten. 1783 wurden weite Gebiete Calabriens an der Westseite der Apenninen durch eine solche Erschütterung in der fundamentalsten Weise umgeformt. Aus dem lockern Boden wurden tiefe Massen heraufgeworfen, so daß sie neue Berge bildeten, die vorhandenen Höhenzüge aber änderten allenthalben durch Einstürzen ihre Gestalt. Stellenweise öffneten sich trichterförmige Löcher in der Erde und breite, strahlig von einem Punkt ausgehende Spalten. (Vergl. die Bilder oben.)



Erdbeben: Spalten im Boden nach dem Erdbeben von Calabrien 1783.

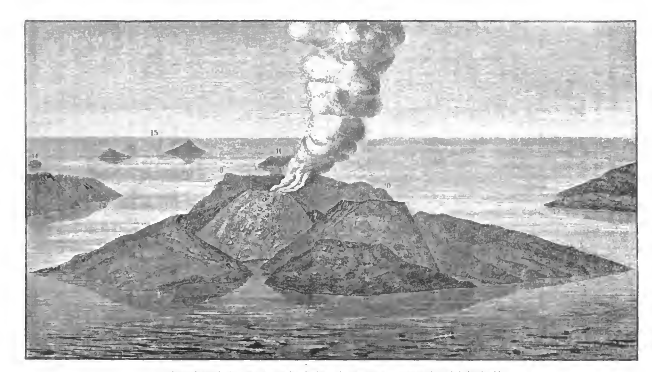
Einzelne solcher Spalten waren bis zu 100 und mehr Fuß breit bei ebensoviel Tiefe und mehr als einer halben Wegstunde Länge. Vergl. auch das Bild auf S. 537.
(Nach Lyell, Principles of Geology 1835, vol. II No 28.)

Je tiefer die italische Halbinsel ins Mittelmeer einschneidet, je dünner und zu Inseln zersplitterter sie wird, desto intensiver scheint die vulkanische Thätigkeit sie zu ihrem Sitz zu erwählen. Unwillkürlich wendet der Blick dabei sich nach den beiden andern großen Halbinseln dieses Meeres hinüber, ob sie nicht auch von vulkanischen Kräften durchtobt sind. Das geschlossene Viereck Spaniens erweist sich, wie zu erwarten, hier am wenigsten ergiebig. In Katalonien stehen 14 erloschene Krater und sonst hier und da

ragt noch eine Ruine aus alter Zeit. Aber kein Leben regt sich mehr darin. Nur ein allerdings gefährlichstes Anzeichen macht sich geltend: kolossale Erdbebenstöße. Hat ja doch diese Halbinsel grade der bekannteste und in vieler Hinsicht wirklich auch gewaltigste von allen betroffen: die Katastrophe von Lissabon im November 1755, die eine große Kulturstadt in kurzer Frist in einen Trümmerhaufen verwandelte, unter dem viele Tausende von Menschen den qualvollsten Tod erlitten. Wissenschaftlich ist das Erdbeben von Lissabon ungemein belehrend für die Weite des Raumes, auf dem ein solcher lokaler Stoß noch bemerkbar werden kann. Nicht nur, daß die während des Bebens in die Stadt einbrechende See sich in einer Weise erregte, daß die Flutwellen an den fernsten Gestaden des ganzen Atlantischen Ozeans stürmisch anbrandeten: Erzittern des Landes selbst machte sich geltend über ein Gebiet von wenigstens 300 000 Quadratmeilen. Auf den märkischen, den schottischen, den bayerischen und selbst den schwedischen Seen soll das Wasser aufgerauscht sein. In Teplitz zeigte die Hauptquelle die wunderlichsten momentanen Störungen. Unwillkürlich fragt man sich, wie tief wohl der Ursprung eines solches Stoßes gesessen haben muß, der im stande war, ganz Europa in seinen Grundvesten zu erschüttern . . .

Anders als in Spanien liegen die Dinge in dem zerrissenen, inselreichen Griechenland. Wir sind gewöhnt, geschichtlich diese buchtenreiche Arabeske der hellenischen Halbinsel mit ihren Kränzen von nach Asien hin vermittelnden Inseln zu preisen als eine geologische Bildung, die zu glücklichster Verwertung kam in der Kulturentwickelung der Menschheit indem sie die reiche Entfaltung des Hellenentums begünstigte. An sich aber — rein eben als geologische Bildung angesehen — scheint ihr eine ganz andere, in ihren stärkeren Äußerungen kaum sehr kulturbeschützende Rolle zugefallen zu sein. Auch sie ist ein Herd des regsten Vulkanismus.

Die griechische Vulkankette — auch hier ist die Kettenbildung wieder unverkennbar — beginnt, wenn man von den Spuren ganz alter, verwitterter Ausbruchsstellen absieht, bei der Halbinsel Methana an der am meisten rechts (ostwärts) gelegenen Spitze des vierlappigen Blattes, das der Peloponnes nachahmt. Um 375 v. Chr. hat hier noch ein Ausbruch stattgefunden. Von da geht die Kette in etwas südwärts geschweiftem Bogen, im ganzen aber doch konsequent ostwärts, über die Inseln Belopulo, Kuravi, Falkonera, Antimilos, Milos, Kimolos, Polinos, Polykandros, Antiparos und Santorin nach Kos und Nisyros an der kleinasiatischen Küste hinüber. Der wichtigste Punkt darin, seit langer Zeit eine ganz besondere geologische Merkwürdigkeit, ist der Vulkan von Santorin. Ein Blick auf die Karte S. 686 zeigt, daß die drei äußersten Stücke der Inselgruppe von Santorin: Thera (rechts), Therasia und Aspronisi die Trümmer eines gewaltigen Kraterrundes sind. Schon in früher Zeit — obwohl, wie tief in dem vulkanischen Tuff begrabene Reste von Häusern.



Vulkan-Landschaft: Der Georgios-Vulkan im Busen von Santorin (Griechenland).

1. Georgios; 2, 3. Fumarolen; 4, 5. Nea-Kameni; 6. Ruinen von Häusern; 7. Aphroessa; 8. Mikra Kameni; 9, 10. Palaia Kameni; 11. Aspronisi; 12. Vorgebirge von Santorin; 13. Vorgebirge von Trivila von Therasia; 14. Insel Mermingas; 15. Christiania Insel. Das Ganze ist von der Innenseite des großen Kraterringes von Thera (vergl. die Karte S. 696) gesehen. (Nach Vogts Handbuch der Geologie und Petrefaktenkunde.)

Steinwaffen und Getreide bewiesen haben, nicht vor Besiedelung durch ackerbautreibende Menschen — muß dieser Krater in stürmischer Explosion geplatzt und vom Meere ausgefüllt worden sein. Lange Jahrhunderte hindurch muß damit wohl ein Abschluß gegeben gewesen sein. Erst um 198 v. Chr. begann es in der vom Meeresspiegel überdeckten alten Kratertiefe von neuem zu gären. Die Insel Palaia Kameni stieg, von Eruptionmassen aufgeschüttet, über dem Wasserspiegel empor. 1573, nach vielhundertjähriger Ruhe, erfolgte abermals ein Ausbruch, der Mikra Kameni schuf. (Vergl. die Karte!) 1707 bildete sich an einer früher 200 Klafter tiefen Stelle des innern Meeres (unter mächtigen, mehrjährigen Eruptionserscheinungen, die das Wasser um den ganzen Archipel her so heiß machten, daß in den Barken das Pech aus den Fugen floß!) die sechs Meilen umfassende Insel Nea Kameni. Wieder kam eine große Pause, — dann begann am 26. Januar 1866 der interessanteste aller Ausbrüche. An dem alten 400 Fuß hohen Kegel von Nea Kameni begannen plötzlich Steine herabzurollen. Die Häuser bekamen Risse. Am 30. fing der Hafen an zu kochen, in der Nacht des 1. Februar tanzten kleine Flammen auf der erregten Wasserfläche. Unter wachsender Erhitzung des Meeres stieg endlich am Südwestrand von Nea Kameni ein schwarzer Block gespenstisch aus der Flut: die Stirn eines unterseeischen Lavastromes. Abermals kam es mit ihm zur Entstehung einer neuen Insel, Georgios getauft. Am 5. Februar verwuchs sie mit Nea Kameni. Georgios sollte zum Schrecken des ganzen Archipels werden. Es entwickelte sich ein regelrechter Vulkan, der am 20. Februar mit ungeheurer Wucht explodierte, eine 10000 Fuß hohe Dampfsäule ausspie und Schiffe und Menschen verbrannte, beinah sogar ein eigens hergesteuertes Kanonenboot mit einer Untersuchungs-Kommission. Inzwischen war auch am Südwestende von Nea Kameni ein Vulkan aus der Tiefe gewachsen, der Aphroessa genannt wurde und von sublimierten Chlorverbindungen zimmetbraun gefärbte Flammen und



Insel Santorin.

Dämpfe ausstieß. Die Eruptionen tobten jahrelang fort, und noch heute ist Santorin nicht in Ruhe.

Trotzdem so die vulkanische Thätigkeit wenigstens an einer Stelle eine wirkliche Ausgangsöffnung gefunden hat, leidet auch Griechenland an den furchtbarsten Erdbebenzuckungen. Es handelt sich dabei — und hier bietet sich uns ein neues wertvolles Phänomen — nicht um Einzelstöße, sondern um eine Art jahrelangen Auf- und Abwogens des Bodens, völlig, als bilde er die Wand eines überheizten Kessels. Schon einmal, bei Gelegenheit der Mond-Rillen, haben wir eine Episode aus solchem griechischen Erdbeben aus dem Munde eines vorzüglichen Beobachters, des Astronomen Julius Schmidt in Athen, vernommen. Hören wir jetzt in größerem Zusammenhang die aus gleicher Quelle stammende, überaus beweisende Schilderung des großen, dreijährigen Erdbebens in Phokis von 1870 bis 73.

„Nur selten," erzählt Schmidt, „finden wir in der Geschichte der Erdbeben so bedeutende Ereignisse verzeichnet, welche, wie die Verwüstung der Provinz Phokis, mit größter Gewalt ihren Anfang nahmen und mit zahllosen, darunter oft mächtigen Erschütterungen länger als drei Jahre anhielten. Viele der bis jetzt erhobenen Fragen der Wissenschaft, viele Experimente hätten zu reichen Ergebnissen führen müssen, wenn auch nur ein kundiger Beobachter in so langer Zeit gewesen wäre, der sich mit unerschütterlicher Ausdauer dem Studium der wechselvollen, oft gefährlichen Erscheinungen gewidmet hätte. Es ist aber nichts geschehen, und das Wenige, was ich selbst vier Tage nach dem Erdbeben in jenem Lande beobachtet und ermittelt habe, ist verschwindend dem gegenüber, was nun unwiederbringlich für die Wissenschaft verloren ist. Am 29. und 30. Juli 1870 erbebte die Insel Lissa, und zugleich nahmen die Erdbeben in Hellas ihren Anfang, zunächst schwach, unbestimmt, doch über große Räume verbreitet. Am Abend des 31. Juli erfolgte eine Erschütterung von ernsterem Charakter, deren Wirkung in Euböa, Attika und im Peloponnes nicht besonders auffiel, in Phokis aber den Einwohnern nach Stärke und Dauer einen drohenden Eindruck machte. Aber niemand ließ sich dadurch warnen, denn hier sind die Erdstöße überhaupt sehr häufig, und die Unglücksfälle von 1817 und 1861 waren von den meisten schon längst vergessen. In der darauf folgenden Nacht schliefen sehr viele der Hitze wegen im Freien, und so war der Verlust an Menschenleben nicht so groß, als er zur Winterszeit gewesen wäre. In der Frühe des 1. August, gegen 2¾ Uhr, begann der furchtbare Vertikalstoß, dem sogleich drehende und schwingende Bewegungen von größter Heftigkeit folgten, 15—20 Minuten anhaltend, nicht angezeigt durch den Donner, der später seiner großen Häufigkeit wegen kaum noch beachtet wurde. In wenigen Sekunden sanken in Trümmer Itea, Xiropigadi, Chrysso, Delphi, dann Teile von Arachova und Amphissa, nebst manchen anderen Orten, isolierten Kirchen und Klöstern, von denen kaum mehr als

vorübergehend einmal die Namen genannt wurden. 19 Minuten später erbebte die Erde abermals mächtig, und um 1½ Uhr nachmittags warf ein ungeheurer Stoß den Rest der Trümmer zu Boden und veranlaßte am Parnaß, am Korax und Kirphis unerhörte Bergstürze. Ungezählte Bewegungen der Erde, Donnern und mancherlei Getöse, Tag und Nacht nicht aussetzend, dauerten den ganzen August, September und Oktober. Viele der größeren Stöße erschütterten fast ganz Griechenland und Teile der Türkei, am 25. Oktober, als die meisten Bewohner im Freien waren, um die für sie erschreckende Erscheinung eines roten Nordlichtes zu betrachten, erfolgte ein Erdstoß von vernichtender Gewalt, so daß die Stadt Amphissa, die sich am 1. August noch ziemlich gut erhalten hatte, in einem Augenblicke zum größten Teile zertrümmert wurde, und daß zu Itea, Delphi &c. jeder die Bretterhütten verließ, von denen noch viele zerrissen wurden. Alles, was man im Laufe der letzten 10—11 Wochen wieder neu erbaut hatte, ward wieder zerstört. Es kam der Winter, und es mußten die Phokier unter den bedauerlichsten Verhältnissen in Holzverschlägen oder im baufälligen Mauerwerke eine schwere Zeit durchleben, fortwährend erschreckt durch neue, bedeutende Erdstöße und ohne Hoffnung, daß die Bebung des Bodens bald aufhören werde. Wie weit die Zerstörungen reichten, wie hoch man den Verlust geschätzt habe, wie viele erschlagen oder verwundet wurden, nichts ist durch Druckberichte hinlänglich bekannt geworden; ich glaube aber, daß im ganzen wohl 100 umkamen, und zwar meist am 1. August, denn später war man vorsichtig und auch in den Notwohnungen mehr gesichert.

Man zählte vom 1. August 1870 bis zum 1. August 1873 nur 35 sehr große Stöße, oder vielmehr nur diese wurden in den Zeitungen erwähnt oder mir brieflich mitgeteilt; ich bin aber darüber sicher, daß auf diese Weise kaum der zehnte Teil mir bekannt ward und daß man für die drei Jahre 300—320 schwere Erdbeben ohne Übertreibung rechnen kann. Hinsichtlich der Häufigkeit der Stöße zeigte sich im zweiten Jahre keine sonderliche Abnahme, doch wurden sie im ganzen schwächer; aber die Felsstürze und Donner gaben denen von 1870 wenig nach. Im Jahre 1871 wagte man noch nicht, steinerne Häuser zu bewohnen. Bis zum Winter 1870 hörte die Unruhe der Erde niemals ganz auf, und im Orte Montlia zwischen Parnaß und Kirphis fand man, daß drei Monate lang ein Ei, das man auf eine Metallplatte gelegt hatte, in steter, zitternder Bewegung blieb. In den ersten drei Tagen gab es wenigstens in jeder dritten Sekunde ein Erdbeben, so daß täglich gegen 29000 zu rechnen wären.

Schon am 1. August hatte die Regierung Maßregeln zum Schutze der Unglücklichen beraten, am 3. August wurde beschlossen, eine Kommission nach Phokis zu senden, um neben anderen Erhebungen auch wissenschaftliche Beobachtungen zu machen; ich verließ mit Professor Christomanos noch

an demselben Tage Athen; in der Frühe des 4. Augustes kamen wir nach dem Isthmus von Korinth, und am 4. August abends an die Küste von Phokis nach Itea. Da dieser Ort vollständig zertrümmert war und noch keine Zelte da waren, wählte ich mir in Rücksicht auf mögliche Aufschwellung der See 200 Schritt östlich von Itea einen 3 oder 4 m hohen Hügel zum Biwak. Solange wir noch auf dem Isthmus, dann im Verlaufe des Tages auf dem Meere waren, fühlten wir kein Erdbeben und hörten keine Detonation. Sobald wir Itea nahe kamen, hörten wir, ungeachtet des lärmenden Dampfers, die ersten unterirdischen Donner, und als wir die sehr verwüstete Anlegebrücke betraten, spürten wir Erdbeben in Menge, die indessen ohne besondere Stärke waren. Nach Einrichtung des Biwaks begann ich die erste genauere Beobachtung und ersah dazu den Boden unter einem Feigengebüsche; indes war der Wind noch zu lebhaft, so daß alle feinen Tonarten und die geringen Bewegungen der Erde nicht sicher aufgefaßt werden konnten. Unter diesen Verhältnissen zählte ich in 35 Minuten acht Erdbeben und noch mehr Detonationen von sehr mäßiger Stärke und Dauer. Nach Anbruch der Nacht war es nach Verminderung des Windes stiller, und in 10 Minuten zählte ich 16 Detonationen und verschiedene Schwingungen des Bodens. Gegen Mitternacht verabschiedete ich alle überflüssigen Personen und richtete es so ein, daß ich die Nacht allein an der Nordseite des kleinen Hügels zubrachte, um in aller Ruhe die Erdbeben beobachten zu können. In einer Stunde zählte ich 71 Detonationen, von denen mindestens 16 mit deutlichen, zum Teile lebhaften Erdbeben verbunden waren; ich hatte aber den Eindruck, daß viele schwache Bebungen des Bodens doch der Wahrnehmung entzogen wurden, denn das Sausen des schwachen Windes hielt noch immer an, und mancherlei Lärm störte in der Beobachtung.

Nach 1 Uhr gedachte ich kurze Zeit zu ruhen, um später die Zählungen fortzusetzen, aber kaum hatte ich mich niedergelegt, als um 1 Uhr 27 Minuten 36 Sekunden ein Erdbeben von furchtbarer Gewalt alles ringsum in Schrecken und Bewegung versetzte. Die Luft war still, ein großer, doch weicher, tiefer Donner ähnlich dem des Marinegeschützes, wenn es aus der Entfernung von 1½ Stunden Weges gehört wird, ging wenige Zehnteile einer Sekunde dem mächtigen Vertikalstoße voraus. Wie ein vom Sturme aufgeblähter Teppich schwoll der Boden empor, nicht nach Art einer Sprengung, sondern viel langsamer und trotz der erstaunlichen Wucht gewissermaßen sanft, mehr andrängend als stoßend. Ich fühlte mich in die Höhe geworfen, ohne doch das Gefühl ähnlich raschen Herabsinkens zu haben, da die Geschwindigkeit für diese Art Bewegung doch nicht groß genug war und es vielleicht 2—3 Sekunden dauerte. Ein Nachhall mit schwachen Vibrationen erfüllte die nächsten 8—10 Sekunden. Indem ich mich rasch faßte und aufstand, Blick und Gedanken besorgt auf die nahe See gerichtet,

erhielt ich jetzt den vollen Eindruck von den viel umfassenden Wirkungen des Erdbebens. In dem Augenblicke des anstürmenden Donners und des Stoßes erscholl aus Westen das Poltern und Rasseln der Trümmer, die vielfach in dem nahen Itea durcheinander stürzten, vereint mit dem Aufschreie der Bevölkerung am Strande, das Gebell der Hunde, das kurze, scharfe Aufrauschen der See am nahen Ufer, wo sie kaum 2 m weit die normale Linie überschritt. Dann einige Sekunden Stille, und es kam von Osten der Schall vom Sturze gewaltiger Felsmassen, die sich allseitig von den Höhen des Kirphis loslösten, in Strömen und Schutthalden sich donnernd durch die Thalschluchten oder auf schroffen Wänden fortwälzten und mit ungleichem Tone auf die Ebene oder auf die Fläche der See herabfuhren. Als nach Maßgabe der Entfernungen das sehr mannigfache Getöse zu Ende ging, hörte ich den fernen schwächern und tiefen Donner jener Felsmassen, die vom Parnaß herabkamen, und zuletzt vernahm ich von Westen und Nordwesten aus, vom Korax und von den Höhen um Amphissa das Getöse der Felsblöcke sehr verschieden von dem inzwischen erneuten Donner der nachfolgenden Erdbeben. Mitten in dem Aufruhre der großen Nachtscene hörte ich in der Nähe das klappernde Geräusch der aneinander schlagenden Blätter des Feigenbaumes, das Herabfallen der Heuschrecken und anderer Insekten von den trockenen Pflanzen, den ängstlichen Lauf nächtlicher Tiere, die erschreckt ihre Schlupfwinkel verlassen hatten.

Am 6. August ritten wir früh bei völlig klarer, ruhiger Luft nach Delphi; als es auf beschwerlichem Wege stark bergauf ging, stieg ich ab, um im Falle von Felsstürzen mich freier bewegen zu können. Nach 7 Uhr hielten wir im südlichen Teile des Ortes, der in gänzlicher Vernichtung am Boden lag; nur einzelne Mauerreste standen noch, und es hatte sich selbst der kleine Turm einer Kirche aufrecht erhalten. Gegen Osten lagen Kloster und Kirche der Panagia in Trümmern unter den Ölbäumen, dazwischen sehr große Felsblöcke, die aus der Nähe herabgerollt waren und uralte Bäume zerschmettert und entwurzelt hatten. Schutt, Felsstücke, Ölbäume und Pappeln lagen durcheinander in der steilen Schlucht, die neben dem Kloster im Thale des Pleistos mündet. Der kastalischen Quelle nahe, westlich, waren aus der glatten Wand der seit alters berühmten Phädriaden riesige Felsprismen von 300—400 Fuß Höhe und 60 bis 80 Fuß Dicke herausgebrochen und gegen Süden auf das freie Feld niedergeschlagen, welches Delphi von der kastalischen Quelle trennt. Diese selbst war nun von Blockwällen umgeben, deren Gestein von der östlichen Höhe herabkam; teilweise verschüttet, war sie von Süden her erst sichtbar, wenn man den Trümmerwall überstiegen hatte. In der Meinung, daß diese ehrwürdige Stätte bald den Blicken entzogen werde, wagten wir es ungeachtet der Donner und Erdbeben, sie nochmals in der Nähe zu betrachten. Nach Ablesung des Thermometers und der Wassertemperatur ward schleunigst

der Rückweg angetreten. Die größte Furcht hatten wir an den steilen, kolossalen Felswänden vor dem fallenden Gesteine aus der Höhe . . . .

Nimmt man die Aussage wörtlich, daß in den drei ersten Tagen in jeder dritten Sekunde ein Erdbeben erfolgte, so wären es deren über 86 000 gewesen. Da ich vier Tage später zu Itea nach Zählungen fand, daß in 24 Stunden mindestens 1700—2000 Detonationen und Stöße fühlbar waren, und da es bekannt ist, daß bis zum Winter die Erde nie ganz zur Ruhe kam, so würde man mit Berücksichtigung derjenigen feinsten Bewegungen und Schallwirkungen, die nachts noch deutlich aufgefaßt werden können, für die letzten fünf Monate von 1870 gegen 500 000 Erschütterungen und Detonationen annehmen dürfen, letztere drei- bis viermal häufiger als die erstern. Da nun das Erdbeben $3^1/_2$ Jahre anhielt, so läßt sich ohne Übertreibung sagen, daß am Epicentrum mindestens $^1/_2$ bis $^3/_4$ Million Erdbebenphänomene auftraten, darunter etwa 300 große und gefährliche mit Zerstörungen, etwa 50 000 Erdstöße, die man nicht beachtete, auf welche $^1/_4$ Million Detonationen zu rechnen sind. Das übrige bestand in feinen Vibrationen und Tönen, die zumeist nur nachts wahrgenommen werden."

Es ist ein eigentümlich melancholisch stimmender Gedanke, wenn man sich erinnert, daß auf dieser am tiefsten unterwühlten, schwankendsten Erdscholle Europas grade eine Kulturepoche ohnegleichen ihre herrlichsten Kunstbauten, die ein Geschenk für die Ewigkeit sein sollten, aufgerichtet hat. Der Tempel von Olympia ist thatsächlich einem Erdbeben erlegen, und wie viel Pracht, die wir nicht mehr kennen, mag den gleichen Weg gegangen sein. Auf der andern Seite könnte es allerdings grade locken, eine Parallele zu ziehen zwischen der erhöhten geistigen Regsamkeit der Menschen und dem intensiveren Leben der Erdrinde am gleichen Fleck. Die Gestaltung eines Landes wirkt tief ein auf die intellektuelle Höhe seiner Bewohner. Umgekehrt ist diese Gestalt aber wieder teils Produkt, teils zwingende Ursache jener vulkanischen Bewegungen. Und so verknüpfen sich im innersten Gewebe des Kosmos, in ihrem Ursprung, vielleicht grade dieselben Dinge, die später in Kampf treten: der bebende Boden und die schöne Säulenhalle des hellenischen Tempels, die unter seinen Schwankungen birst.

Im Eingang dieses Kapitels ist erwähnt, daß dem Wandrer, der vom Norden Europas kommt, mit dem schwarzen Aschenkegel und den Lavaströmen des Vesuv eine absolut fremde Naturerscheinung entgegentrete. Es paßt das für den Anblick der lebendigen Vulkanthätigkeit mit ihrem Wasserdampf, ihrer frischen Asche, ihrer im Schlunde brodelnden Lava, die jeden Augenblick bereit ist, den Rand flüssig zu überwogen und

als feuriger Katarakt in die Ebene hinabzustürzen. Anders ist es, wenn man sich an jene verwitternden, längst unthätigen Kratergebilde hält, wie sie schon die Umgegend der Solfatara von Pozzuoli oder die spanische Ostküste bieten. Zu ihrem Bilde findet der Deutsche wie der Franzose, der Irländer wie der Schotte allerdings, wenn er auf die Suche im eigenen Lande geht, mancherlei sehr merkwürdige Analogien. Der Stamm von Europa hat keineswegs zu allen Zeiten jenes relativ friedliche Bild in vulkanischer Hinsicht gewährt, das er jetzt bei Nichtberücksichtigung der drei Mittelmeerhalbinseln uns zuzusichern scheint. Wohl haben Luft und Wasser, diese großen Totengräber des geologischen Reliefs der Erde, überall eingesetzt, sobald die vulkanische Thätigkeit aufhörte zu bauen, und haben die Spuren zu verwischen gestrebt. Aber die Löcher, die die unterirdische Kraft sich gebahnt, waren doch nicht so rasch auszufüllen; die bald



Vulkan-Landschaft: Französische Vulkane (die erloschenen Krater der Auvergne).
a ist der 1476 m hohe Puy de Dôme.
(Nach Vogt, Handbuch der Geologie und Petrefaktenkunde.)

hoch getürmten, bald weite Flächen überdeckenden Massen unverkennbaren Charakters, die die aufquellende Lava im Erkalten gebildet, trotzten lange genug erfolgreich der Verwitterung, um der forschenden Menschheit noch Zeugnis abzulegen. So ragen die Vulkanberge, aufgeworfen zu einer Zeit, da das wollhaarige Nashorn der Eiszeit unsern Erdteil noch durchtrabte und von dem in Höhlen hausenden, vorgeschichtlichen Menschen gejagt wurde, im Herzen Frankreichs. Vulkanische Vertiefungen, heute mit Wasser gefüllt wie der Nemisee des römischen Gebirges, begrüßen den Wandrer in unserer deutschen Eifel. Die Nordostküste Irlands und die Inseln des tief zerschnittenen schottischen Westgeländes aber zeigen jene gigantischen vulkanischen Basalttempel,*) deren schon einmal in diesem Buche (S. 171 ff.)

*) Der Leser lasse sich nicht verwirren, wenn öfters in unserer Betrachtung Worte wie „Basalt, Trachyt“ u. s. w. einfach gleich gesetzt werden mit dem Begriff erkalteter Lava. Das Wort „Lava“ bezeichnet an sich nicht eine bestimmte Gesteinsart, sondern schlechtweg jede vulkanische Masse, die glühendflüssig dem Erdenschoße entquillt, wobei allerdings meist das Bild jener aus offenen Kratern abfließenden Ströme, wie es unsere heute thätigen Feuerberge durchweg gewähren, vorschwebt. Zu ihrer mineralischen Zusammensetzung unter-

gedacht wurde. Und das sind nur ein paar der markantesten Beispiele, — die, welche am frühesten die Aufmerksamkeit auf sich gezogen haben.

Auf dem fast 1000 m hohen Granitplateau der Auvergne in Centralfrankreich stehen die alten Vulkane dicht wie die Pilze und zu regelmäßigen Ketten angeordnet, von denen die größere in grader Linie ungefähr acht Stunden lang ist. Der höchste Gipfel, der Puy de Dôme, ragt noch volle 500 Meter über das Plateau empor. Allenthalben verraten sich Spuren einstmaligen wilden Lebens. Aus geborstenen Kraterwänden sind Lavaströme gebrochen, genau wie heute am Ätna. Ein Teil der besser erhaltenen Kessel umschließt Seen ganz wie in den Albaner Bergen. Und sichere Anzeichen (Knochen unter der vulkanischen Schlackenschicht) verraten, daß die vulkanische Thätigkeit noch bestand, als bereits der Mensch hier eingewandert war, allerdings jener europäische Urmensch, von dem die Wissenschaft noch so schlecht weiß, wie sie ihn an die spät erst aufglimmende östliche Kulturmorgenröte mit ihren ersten Völkerwanderungen anschließen soll, — der Mensch, der Renntier und Mammut jagte und den Gebrauch der Metalle noch nicht kannte. Mit welch elementarer Wucht die Lava der Auvergne das Plateau durchbrochen hat, dafür zeugt einer der Berge, der infolge seiner ganz eigenartigen Struktur überhaupt ein Charakterkopf des Vulkanismus geworden ist und um den die Hypothesen oft getanzt haben wie der Hexenspuk des Märchens um den Blocksberg. Es ist der Puy Chopine.

Wir haben oben bei der Betrachtung des steinwerfenden Vesuv uns mit dem Gedanken vertraut gemacht, daß wohl die ganzen Vulkanberge (selbst ein Koloß wie der Ätna) ohne Hebung des Plateaus, aus dem die Lava quillt, einfach durch die eigenen Auswurfsprodukte, die sich allmählich so hoch empor gehäuft haben, entstanden sein möchten. Der Puy Chopine belehrt uns, daß hier aber doch starke individuelle Unterschiede möglich sind. Die aufquellenden vulkanischen Massen hatten auf dem ganzen Plateau den harten Granit zu durchbohren. Dabei ist es nun in dem einen Falle dieses Puy Chopine geschehen, daß eine gewaltige, tafelförmige Granitscholle losgesprengt und von der Lava hoch heraufgerissen wurde.

scheidet man dann im engern basaltische Laven, die ärmer an Kieselsäure, und trachytische, die reicher an solcher sind, sowie mancherlei Unterordnungen. Beide Hauptgruppen kommen bei heute noch thätigen Vulkanen vor, und da sie in ihrer mineralischen Bildung durchaus den (als feste Gesteinsmassen vielfach auf der Erde auftretenden) echten Basalten und Trachyten entsprechen, so hat man umgekehrt ein Recht, diese Basalte und Trachyte, wo immer sie sich finden, als alte erkaltete Lavamassen anzusprechen, die zu irgend einer Zeit der Tiefe entquollen sind. Die Form, wie dieses Aufquellen stattgefunden hat, braucht deshalb nicht ohne weiteres immer dem genauen Bilde unserer heutigen Lavaströme, wie sie etwa Vesuv und Ätna entsenden, zu entsprechen. Über das „Warum" des Wechsels von basaltischer und trachytischer Lava wird im zweiten Bande noch einiges zu sagen sein.

Als seltsames, den grübelnden Geologen wie zum Tort hingesetztes Naturwunder bietet sie sich heute noch dem Besucher dar, — eingezwängt zwischen die ursprünglich hebenden und die später oben drüber weg gequollenen Lavamassen wie (nach den Worten des Vulkanforschers Poulett Scrope) „das Fleisch in einem Sandwich." Der Gedanke drängt sich unwillkürlich dabei auf, was geworden wäre, wenn die auflastende Granitfläche dem emporstrebenden Lavastrom zu schwer gewesen wäre, um mitgerissen zu werden. Wäre es nicht denkbar gewesen, daß die Lava den Granit an ihrer geplanten Durchbruchstelle bloß aufgewölbt hätte, ohne aber selbst vor ihrer eigenen Erstarrung die Oberfläche zu erreichen? So wäre ein domförmiger Granitberg entstanden statt eines aufgeschütteten Lavavulkans. Wir werden später sehen, wie dieser Gedankengang eine hohe Bedeutung gewonnen hat bei dem historischen Verlauf der allgemeinen vulkanistischen Erklärungsversuche.

Sobald man sich einmal daran gewöhnt hat, in jeglicher Basalt- und Trachytmasse, welche Gestalt sie auch zeigen mag, ein Zeugnis von Lavaergüssen aus relativ noch nicht allzu ferner Zeit zu sehen, gewinnt unser friedliches Deutschland ein ganz verzweifelt vulkanisches Gesicht. Von West nach Ost läßt sich eine lange Linie verfolgen — vom Rhein bis nach Böhmen — auf der immer wieder glühende Eruptionsmassen die geschichteten Sedimentgesteine durchbrochen haben. Siebengebirge, Habichtswald, Westerwald, Vogelsberg, Rhön, Fichtelgebirge sind nur Zwischenstationen, die von der rheinischen Eifel zu den böhmischen Bergen überleiten. Allerdings hat es der Lauf der Dinge so gewollt, daß nur an den beiden äußersten Ecken — in der Eifel selbst und in Böhmen selbst — eigentliche Kraterbildungen, die jeden auf vulkanistische Ursachen schließen lassen, deutlich vorhanden sind. An den meisten anderen Punkten hat der Basalt so eigentümliche Bildungen entwickelt, daß grade von dieser seiner deutschen Erscheinungsform jener seltsame Streit datiert, dessen (S. 171) schon einmal gedacht ist: der Streit in der Geologie, ob Basalt überhaupt ein feurigflüssig der Erdentiefe entquollenes Gestein sei und nicht vielmehr durch Wasserniederschläge (als Sediment) sich gebildet habe. Werner, der große Meister der Gesteinskunde vom Ende des vorigen Jahrhunderts, der allerdings seine Wissenschaft noch echt übertrieben „vaterländisch" auffaßte, d. h. sich bloß an das hielt, was ihm „im Lande und redlich" vor Augen stand, — er steifte sich darauf, daß der deutsche Basalt durchweg in breiten, fast horizontalen Lagern auf der Braunkohle (einem relativ sehr jungen Produkt organischen Ursprungs) aufliege und durch Vermittelungsschichten, in denen Abdrücke von Fischen und Blättern vorkämen, mit dieser verbunden wäre. Er nahm also noch nach der Zeit der Braunkohlenbildung eine allgemeine Wasserbedeckung in Deutschland an, bei der eine gleichmäßige, erst durch spätere Erosion vielfach weggenagte Schicht sedimentären

Basaltes sich gebildet habe. Die Thatsache kann an sich nicht geleugnet werden, daß der deutsche Basalt sich in einer höchst merkwürdigen Weise über weite Strecken hin flach ergossen hat. Wo immer aber, wie z. B. am Ziegenkopf im Habichtswalde, Bergwerksbetrieb oder Steinbrüche in den Untergrund solcher Basaltschichten eindrangen, da zeigte sich, daß sie nach unten sich in eine Erdspalte hinein fortsetzten, also ihre Lavanatur durchaus nicht verleugnen konnten. Auch erwiesen sich bunter Sandstein und Braunkohle an den Berührungsstellen mit solchem aus der Tiefe ragenden Basaltpfropf ganz so verändert, wie es dem Durchbruch glühender Massen entspricht: der Sandstein hatte sich so verwandelt, wie er es heute an der innern Bekleidung unserer Hochöfen thut, — die Braunkohle war zu Anthracit verkohlt. Eine besondere Erklärung verlangten allerdings noch jene Zwitterschichten zwischen Basalt und Braunkohle, die bei wesentlicher Zusammensetzung aus Basalttrümmern doch Abdrücke von Organismen enthielten. An sich spricht die Existenz solcher Abdrücke ja stets für im Wasser abgesetzten Schlamm, der nachher erhärtend zum Sedimentgestein wird: in der glühenden Lava erhalten sich keine Versteinerungen von Organismen. Aber wir haben oben bei den Leichen von Herkulaneum bereits gesehen, welche Rolle unter Umständen Wasserergüsse des Kraters, die sich mit der vulkanischen Asche zu zähem Schlamm verbinden, auch bei den unanzweifelbarsten Eruptionen spielen. Für die Trümmerschichten in der Nähe des Basalts hat man denn auch eine ziemlich ungezwungene Erklärung im Sinne eines Mitarbeitens von Wasser während des vulkanischen Ausbruchs gefunden. Die Braunkohlenlager selbst deuten auf die Nähe von Wasser, auf überschwemmte Wälder und Torflager. Aschenregen der Vulkane, der in diese nassen Niederungen fiel, mochte Schlammmassen erzeugen, die sich wie Sedimente aufeinander schichteten und Abdrücke von Tieren und Pflanzen bewahrten. Dann brach die eigentliche Lava vor und floß breit über die ganze Sumpffläche als spätere kompakte Basaltschicht. Der Vorgang mochte sich im Laufe langer Zeiten öfter wiederholen, es entstand der eigenartige Wechsel der Schichten, wie er besonders in Böhmen stellenweise hervortritt. Und so ist denn Werner auch für Deutschland heute endgiltig besiegt.

Noch ein Anzeichen ist interessant bei der deutschen Trachyt- und Basaltlinie: die Nähe unserer intensivsten heißen Quellen grade bei der alten vulkanischen Ausbruchskette — ich erinnere nur an Teplitz und Karlsbad in Böhmen. Es ist, als bildeten sie das letzte Echo einer großen, wilden Melodie, die einst hier gespielt worden ist.

An der böhmischen Ecke unseres deutschen Vulkangürtels stehen, wie erwähnt, noch ein paar wohl erhaltene Krater: der Kammerbühl bei Eger, weiterhin an der Grenze von Österreichisch-Schlesien der Rautenberg, der Köhlerberg und der Vulkan von Messendorf. Lehren sie

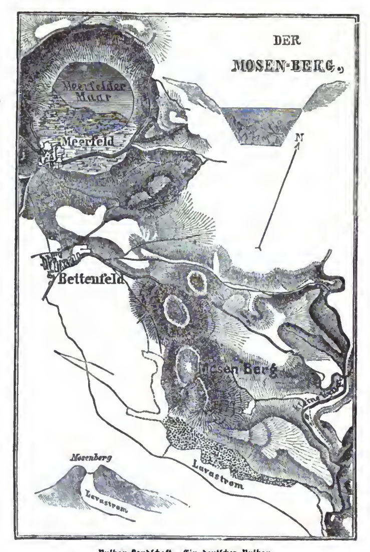
wenig Neues, so sind um so interessanter die vulkanistischen Reste der anderen westlichen Ecke, die der **Eifel**. Eigentlich ist hier uralter Boden. Aus dem



Vulkan-Landschaft: Ein deutscher Vulkan, sogenanntes „Maar", der Eifel, ein zum See gewordener Explosionskrater bei Manderscheid.

Eifelkalk bricht der Sammler seltsame versteinerte Meertiere, denen wenig Heutiges zu vergleichen: krebsartige Trilobiten, auf schlankem Stiel sich wiegende Crinoiden, — Bewohner eines der ältesten Meere, die je über

die Erde hingeflutet, aus der sogenannten Devonzeit. Aber durch diese devonischen Sedimentschichten hat sich sehr viel später (wenn auch wohl selbst in den letzten Ausläufern noch vor Beginn der hier sehr spät einsetzenden geschichtlichen Tradition) eine ganz eigentümliche Form von vulkanischer Thätigkeit höchst gewaltsam Bahn gebrochen. Dem Touristen, der vom Rhein her sich der Eifel zugewandt, öffnet sich nach strammem Marsch plötzlich im Ausschnitt herrlichen Laubwaldes der Blick auf die weite, lichtblaue Fläche eines fast kreisrunden Sees. Der Anblick hat in dieser Landschaft etwas Unerwartetes, man ahnt eine fremdartige geologische Ursache, die den Wasserspiegel hierher gebannt. In der That ist er nur ein alter kolossaler Krater, der sich mit Wasser gefüllt hat, — dieser Laacher See. Wendet man sich zum Ostufer, so verrät eine Mofette, d. h. eine Kohlensäure aushauchende Grube, noch einen letzten Rest des Solfatarenstadiums. Vielfach finden sich ringsum Schlacken und Tuffe. Das nahe Städtchen Niedermendig, berühmt durch seine Bierkeller, ist gleichsam ganz Vulkanprodukt. Von den noch erkennbaren Kratern der Umgegend, vielleicht auch vom Laacher See her, sind da gewaltige Basaltlaven herabgeflossen, und die großen, kühlen Keller selbst dringen tief in den „Traß“, eine vielleicht auf vulkanische Schlammströme, wie sie Herkulaneum begruben, zurückzuführende Tuffmasse ein. Das innerhalb des Vulkanismus Eigentümliche des Sees selbst besteht aber nun wesentlich darin, daß er den Anfangspunkt einer ganzen Reihe ähnlicher, wenn auch kleinerer Eifelseen bildet, die, mit landläufigem Namen als „Maare“ bezeichnet, denn doch aus dem Bilde solcher Kraterseen, wie etwa der Nemisee einer war, charakteristisch herausfallen. Das Wesen des Eifelmaar besteht darin, daß es ein einfaches Loch direkt im Sedimentgestein ist. Die Wände bildet dieses Sedimentgestein unmittelbar. Bisweilen liegt ein Schlackenkranz um die Öffnung, vielfach aber auch bloß ein Trümmerfeld des durchbrochenen Gesteins, oder es fehlt überhaupt jede Andeutung einer Umwallung. Unser Bild giebt ein solches „Maar“ so gut wieder, wie nur denkbar ist. Die Größe der Löcher schwankt von der 1/6 Quadratmeile des Laacher Sees bis zu solchen von ein paar Fuß Durchmesser. Die gegenwärtig gangbare Theorie bezeichnet die Eifelmaare als den Typus des „Explosionskraters“. Aufstrebende Gase haben hier ausnahmsweise den Devonkalk in plötzlichen Explosionen durchsprengt, ohne Lava mit herauszutreiben. An anderen Stellen ist diese trotzdem ausgeflossen, und dann hat sie allerdings ganz regelrechte Berge aufgeschüttet wie an allen übrigen vulkanischen Orten der Erde. So ist der Mosenberg bei Bettenfeld ein schönes Beispiel des regulären Eruptionskegels (vergl. die Karte) mit mehreren Kratern und einem mächtigen Basaltlavastrom. Aber das Maar steht daneben als vollkommener Sondertypus, nur zu deuten aus einer ganz besonderen Spannung der Gase unter diesem bewegten Terrain, die in plötzlichen Putschen sich einen Ausweg schuf, ehe



Vulkan-Landschaft: Ein deutscher Vulkan.
Karte und Profil (unten) des Mosenberges in der Eifel.
Oben ein sogenanntes „Maar", eine durch Gasexplosion gebildete Öffnung. Der Berg selbst trägt drei Krater, aus deren einem vor Zeiten ein gewaltiger basaltischer Lavastrom thalabwärts geflossen ist.

es noch zur Bildung einer regelrechten Auswurfsstelle für die ganze aufstrebende Materie kommen konnte. Die letzten Überbleibsel dieses besonderen Gasreichtums sind ja auch heute noch in den zahllosen Mofetten mit Kohlensäureausströmungen deutlich genug, und so haben wir denn in unserm scheinbar so unvulkanischen, auch von Erdbeben relativ wenig heimgesuchten Deutschland nicht nur eine der auffälligsten, sondern auch entschieden unheimlichsten Formen vulkanischer Bethätigung vor Augen, die mit jähen,



Basalt.
Regelmäßige Säulen aus der Umgegend von Bonn.

unberechenbaren Explosionen in noch wenig weit zurückliegender Zeit den uralten, harten Eifelboden durchlöchert hat, als sei er nur eine dünne Haut über den Sumpfblasen eines gährenden Morastes. Die hohe landschaftliche Schönheit, die sich auch hier wieder mit den seltsamsten geologischen Zeugnissen verknüpft, sollte im Sinne solcher Perspektiven die Eifel übrigens viel mehr zum Ziel eifriger Touristenfahrten machen, als es gegenwärtig noch der Fall ist, wo mancher Deutsche wohl den fernen Vesuv, aber nicht diese so unvergleichlich reiche und belehrende „Vulkanecke" seines eigenen Vaterlandes gesehen hat.

Schon am Rhein hat der geologische Kenner Gelegenheit, jene prachtvolle Säulenform zu bewundern, in die zu Basalt gewordene alte Lava

beim Erkalten so vielfach zu zerfallen pflegte. Die klassischen Länder dafür aber sind Schottland und Irland: Schottland mit seiner altberühmten Fingalshöhle, Irland mit seinem Riesendamm von Antrim. Kam ein solcher Lavastrom zur Erkaltung, so waren es wesentlich die tieferen und daher langsamer erkaltenden Schichten, die sich dabei in jene seltsame, prismaartige Säulenform zerspalteten, während die oben aufliegenden Teile zu formloser Masse verhärteten, die wie ein kompaktes Dach auf einem vielsäuligen Tempel ruht. Erlosch in der Folge das vulkanische Leben der Gegend und wurde vor allem der nagenden Meeresbrandung Gelegenheit gegeben, durch Erosion gleichsam einen Querschnitt des ganzen Stromes herzustellen, so mußten jene ganz bizarren Landschaften entstehen, wie sie uns die Fingalshöhle der schottischen Insel Staffa auf dem Bilde S. 172 vor Augen führt. Ist es dem Wasser vollends gelungen, die ganze, meist weniger widerstandsfähige obere Schicht abzutragen, so ergiebt sich eine mehr dammartige Form, wo gewaltig hohe, mehrere Fuß dicke Säulen wie Pallisaden weite Küstenstrecken verschanzen. Unser Bild zeigt den Riesendamm von Antrim (irländische Nordostküste), der im recht eigentlichen Sinne den „Weltwundern“ beizuzählen ist. Eine dritte, in ihrer Höhenausdehnung allerdings noch weit gigantischere basaltische Säulenbildung von der australischen Insel Tasmanien sei daneben gestellt (S. 703), die ungeheuren anbrandenden Wogen des Großen Oceans zeigen hier gleichzeitig die Naturmacht selber bei der Arbeit, die das Wunder der alten Lavaströme in dieser Pracht herausgewaschen hat.

Verlassen wir jetzt Europa auf unserer Suche nach vulkanischen Erscheinungen und wagen uns nach Nordwesten zu ins freie Meer hinaus. Es wird kalt da oben, aber die Nähe der Weltraumkälte, die dem Pole zu über die Erde Macht gewinnt und das organische Leben vernichtet, scheint keinerlei Hindernis für die Äußerungen des heißen Erdinnern. Aus Schnee und Eis brechen Lavaströme und kochende Quellen, und die rote Glut der geschmolzenen Massen spiegelt sich auf den Flanken von Gletschern und färbt mit ihrem Schein, der mit der blutigen Nordlichtröte des Himmels wetteifert, Flächen ewigen Schnees. Vereinsamt in der kalten, nebeligen Wasserwüste zwischen dem Nordkap Europas und der Küste des vergletscherten Grönland liegt jenseits des 70. Breitengrades die menschenleere Polarinsel Jan Mayen. Ein gewaltiger, obwohl gegenwärtig unthätiger Vulkankegel, der Beerenberg, erhebt sich über zahlreichen Nebenkratern und ins Meer vorspringenden Lavaströmen zur Höhe von 6448 Fuß, mit seinem Gemisch von Gletschern und Spuren gärenden Erdfeuers ein schauerlich erhabenes geologisches Monument im einsamen Nordmeer. Ein paar anziehende Sätze aus Karl Vogts vorzüglicher Feder mögen die



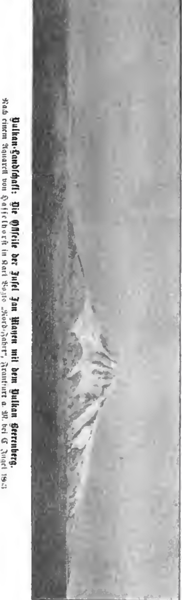
Säulenförmiger Basalt: Der sogenannte „Riesendamm“ in der Grafschaft Antrim in Irland.

wunderbaren Kontraste dieser Kampfstelle von Eis und Lavaglut dem Leser näher bringen. Vogt besuchte Jan Mayen im Sommer 1861 als Mitglied einer wissenschaftlichen Expedition nach Island, die ein reicher Hamburger Kaufmann, Georg Berna, in liberalster Weise für einen Kreis trefflichster Forscher ausgerüstet hatte, — ein hochherziges Beispiel, das — leider — keine Schule gemacht hat.*) Vogt erzählt: „4 Uhr nachmittags. Endlich! Als wir um 1/23 mitten im Essen waren, ruft plötzlich der Kapitän: „Jan Mayen! Schnell!“ Wir stürzen wie Blutvergießer aufs Deck: die ersten sehen noch eine gewaltige Schneekuppe in einer Lücke des Nebels hoch am Himmel; die hinteren sehen nichts. Wenige Minuten darauf kommt die Erscheinung noch einmal — eine schräg aufsteigende Schneelinie mit einigen wenigen Felsgraten daran, etwa wie der linke Abhang des Mönchs von Interlaken aus gesehen — dann schließt sich wieder alles in finsteren Nebel. Bald hebt sich der Vorhang ein wenig von der See aus, und nun erscheint eine lange, dunkle Küste, etwa eine Meile von uns entfernt, an der hie und da die Brandung hoch wie kolossale Springbrunnen aufspritzt, und dann verschiedene Gletscher, die bis in das Meer herabgehen und in dem Nebel wie ungeheure Kaskaden aussehen. Wir zählen drei: einen großen, wie der obere Grindelwaldgletscher wohl, mehrere kleinere, wie geringere Bäche. Aber man sieht nur einen wenig hohen Abschnitt über der Wasserfläche, nur den untersten Fuß. Alles darüber ist dicht in Nebel eingehüllt. Jetzt, unmittelbar bevor ich schreibe, durch eine Nebellücke dritte Vorstellung der oberen Spitzen, vollständiger wie vorher, aber so schnell vorübergleitend wie ein Schattenbild in einer camera obscura. Das ist ein kolossales Gebirg! Links (südlich) eine breite Schneekuppe, dem Mönch ähnlich; dann einige niedere Spitzen, woran, wie an der Ebenen-Fluh, der Schnee dachförmig überhängt; dann eine hohe Kuppe, in Form, Größe und herrlichem Glanze vollkommen dem Silberhorn an der Jungfrau ähnlich; dann wieder ein anderer Sattel und eine düstere, schneefreie Felsenspitze, die steil gegen die See herabfällt, wie der schwarze Mönch. In dem trüben Nebelschleier, der nur hier grade eine Lücke bot, das dunkle Meer zu Füßen, sah das Gebirg viel imposanter und großartiger aus als die Jungfrau von Interlaken, — fast wie die ganze Gruppe: Mönch, Eiger und Jungfrau, von der Wengernalp aus gesehen. Ganz so überwältigend und vielleicht noch überwältigender, weil jeglicher Vordergrund fehlt und nur Nebel und graue Wolkenmassen und schieferdunkles Meer mit einigen Seevögeln darauf den Rahmen zu dem Gemälde bilden. . . . Mittwoch, den 21., morgens. Gestern früh um 1/23 Uhr weckte uns beim Morgengrauen der Kapitän. Es war bitterkalt, kaum 21/2° R., aber der Anblick unbeschreiblich

*) Geschildert in dem vortrefflichen, prachtvoll ausgestatteten Buche „Nordfahrt“ von Karl Vogt, Frankfurt a. M. bei C. Jügel 1863. Das Werk ist eine Perle moderner Reiselitteratur mit wissenschaftlichem Untergrund.



Säulen-Basalt: Tasmans-Insel an der Küste von Tasmanien.
Nach einem Gemälde von Eugène von Guérard in Melbourne, mitgeteilt bei Hochstetter, Geologische Bilder (bei Schreiber in Eßlingen 1878).





Vulkan-Landschaft: Die Ostseite der Insel Jan Mayen mit dem Vulkan Beerenberg.
Nach einem Aquarell von Hasselhorst in Karl Vogts „Nordfahrt", Frankfurt a. M. bei C. Jügel 1863.

schön. Im Südwesten ging der Vollmond unter, im Nordosten kündete die Röte das Nahen der Sonne an. Dazwischen der ungeheure Berg, dem wir etwa auf $1^{1}/_{2}$ Meilen nahe waren, vollkommen hell und klar, wolkenlos, der Nebel bis auf einige bald zerfließende Zipfelchen verschwunden. Eine kolossale Gestalt wie der Ätna, nur größer wirkend, weil seine Grundlage nicht so breit und die Seitengehänge steiler sind. Was wir gestern für einzelne Spitzen gehalten haben, ist der halbkreisförmige Kraterrand, der überall mit gewaltigen Schneemassen überdeckt und in einzelne Zacken ausgeschürft ist, zwischen denen tiefe Thalrunsen hinablaufen. Daß eine innere Höhle, ein wahrscheinlich mit Schnee gefüllter Krater, vorhanden ist, läßt sich daraus schließen, daß eine hintere Zacke heraussieht, welche uns einen steilen, schwarzen Felsabsprung zukehrt und auf der entgegengesetzten Seite mit Schnee bedeckt ist. Wir sehen neue Gletscher, die von oben herab bis ins das Meer reichen und von diesem beständig unterwaschen werden, Gletscher von solch furchtbarer Steilheit und Zerrissenheit, wie die wildesten in der Schweiz, so daß von einem Besteigen derselben keine Rede sein kann, um so mehr, als sie gegen die See hin ganz senkrechte Abstürze von etwa 1000 Fuß Höhe haben. Viele dieser Gletscher sind mit Geröll, Sand, Felsen und Asche ganz überdeckt, andere etwas heller, keiner ganz rein, obgleich sie fast bis an den Fuß mit Schnee überdeckt sind. Sie stiegen durch wilde Thäler

herab, die zwischen hohen Felswänden eingegraben sind. An dem oberen Kegel des Berges bilden diese Felsen scharf zugespitzte Rippen, die überhängen und deutlich ihre Zusammensetzung aus aufeinander liegenden Lavaschichten zeigen. Unten gegen die See zu sind es senkrechte Abstürze mit horizontalscheinenden Schichten, an denen die Brandung aufspritzt wie hohe Springbrunnen. Der mittlere Teil des Berges ist von einem ungeheuren Gletscherfeld eingenommen, das nur hier und da von Felsrippen unterbrochen ist und auf dem alle diese Gletscher entspringen."



Vulkan-Landschaft: Scenerie aus Island, im Hintergrund der schneebedeckte Hekla.

Ein Seitenkrater von Jan Mayen war noch 1818 thätig, und auf dem nahen Inselchen Birds Island dampft es noch heute lustig trotz Schnee und Gletschern. Wieder drängt sich hier die Vorstellung auf, daß man sich einer Vulkankette nähere. Sie scheint schräg nordöstlich zu streichen, zu Skandinavien parallel. Ob sie sich nach Norden in die eisumpanzerten Polregionen, die noch keines Menschen Fuß betreten, fortsetzt, bleibt offen. Sicher aber finden wir ihre regelrechte Folge in dem am Polarkreis aufragenden Wunderreiche von Island, — durch und durch einem Gebilde der vulkanischen Kräfte, das in seiner isolierten Lage und

seinem völlig individuellen Charakter fast als eigener Erdteil, und zwar als der spezifisch vulkanische, aufgefaßt werden könnte.

Ihrer Grundmasse nach besteht die ganze kolossale Insel eigentlich nur aus einem einzigen Klotz Basalt, also alter Lava, die ihrer Entstehungszeit nach wohl mit den irischen und schottischen Basalten zusammenfällt und mit diesen durch die Basaltklippen der Faröerinseln auch räumlich noch heute verknüpft erscheint. Als senkrechte Klippen von mehreren Tausend Fuß Höhe ragen diese isländischen Basalte aus der Flut, — von ihr zu „Fjorden“ eingeschnitten gleich denen an der Küste Norwegens. In einer bestimmten, von Südwest nach Nordost streichenden Doppellinie aber ist der alte Lavastock in neuerer Zeit von einer Kette äußerst intensiv thätiger Vulkane abermals durchbrochen worden, die enorme junge Lavaströme ergossen und die Oberfläche mannigfach verändert haben. Seit der Besiedelung der Insel durch Europäer haben 26 Krater im ganzen an hundert Eruptionen gehabt. Im Jahre 1783 entfloß dem Skaptar Jökull eine Lavamasse in zwei Strömen, die an Stoffinhalt etwa dem des Montblanc entsprach. Der Hekla, der bekannteste der isländischen Vulkane (mit 4961 Fuß Höhe) hat 1845 seine Asche bis nach den Faröerinseln hinüber geworfen. Dabei bedingt die Lage der Insel am Polarkreis aber noch ganz besondere Steigerungen der Schauerlichkeit dieser Ausbrüche. Indem der Krater sich unter der aufquellenden Lava erhitzt, schmilzt er die dem Klima gemäß ihn überlagernden Eisgletscher und erzeugt verheerende Ströme von Schutt, Eisstücken und kochendem Wasser, die reichlich so furchtbar wirken, wie die Lava selbst, und den Ansiedlern das Kulturland, dem ohnehin nur die Nähe des warmen, vom Mexikanischen Busen herüberbiegenden Golfstroms einen schwachen Anlauf zum Grün gewährt, unablässig wieder schmälern.

Zu alledem aber tritt endlich noch eine Erscheinung, die uns auf Island zum erstenmal begegnet und eine ausführliche Darlegung erfordert. Island ist der klassische Boden gewesen, der zuerst die Existenz gigantischer heißer Sprudel mit periodisch aufspritzenden turmhohen Wassersäulen, der sogenannten „Geiser“ oder „Geysir“, kennen gelehrt hat. Etwa 110 m über dem Meere sprudeln diese Geiser in grotesk gefärbter, schaurig öder Wildnis. Der Weg dahin führt durch das sogenannte „Thingvalla“, eine ebenfalls ganz einzig dastehende Einsenkung in einem enormen Lavastrom. Lassen wir auch hier Karl Vogt aus eigener Anschauung berichten. „Wunderbar,“ so erzählt er zunächst über Thingvalla, „sind die Umgebungen dieses Thales, wunderbar seine Bildung. Steht man auf der Höhe des Logberges, dieser geringfügigen Aufwulstung, welche das ganze Thal dominiert: zu Füßen die fürchterlich zerrissene Spalte mit den nackten Wänden, deren dunkle Säulen von grauen und gelben Flechten getigert erscheinen; tief unten das dunkle Wasser, das wie ein schwarzer Landschafts-

spiegel, alle Umrisse und Farben in gesättigten Tinten zurückstrahlt; vor sich die weite Ebene mit den bunten, grün, rot und gelb gemischten Teppichfarben des absterbenden Laubes der kriechenden Zwergbirken und der Beerensträucher; im Mittelgrunde den prachtvollen Fluß, der in kühnem Sprunge über die Felsmauern der Almanagja dem ruhigen Seespiegel zueilt, aus dessen Tiefen noch verwirrte Spalten und höhere, mit Wasserpflanzen bewachsene Gründe in der Nähe des Ufers hervorleuchten; am Horizonte zur Rechten die gewaltigen Schuttmassen des Armannsfells, die schneebedeckten Kegel des Skjaldbreids, Hlödufells und Blafells, welchen gegenüber nach Südwesten hin der wildausgezackte Hengill über dem See drüben das Gleichgewicht zu halten scheint — steht man so auf dem Logberge bei heiterem Wetter, das Panorama mit einem Blicke umspannend, so muß man glauben, daß nirgend in der Welt eine Gegend sich finden könne, welche eine gleiche Mischung von düsterer Erhabenheit und einschmeichelnder Lieblichkeit darbieten könne.

Die Bildung des Thales erklärt sich ohne Schwierigkeit, sobald man nur den Umstand in das Auge fassen will, daß es mitsamt dem dazu gehörigen See nur einen Teil einer ungeheuren Lavamasse bildet, welche hauptsächlich aus den vergletscherten Vulkanen im Nordosten, zum Teil aber auch aus einer Menge von Kegeln hervorgestürzt ist, die an dem Südrande der Lava sich hinziehen, welche in einem gewaltigen Zuge bis zum Kap Reikjanaes sich erstreckt. Es hat aber diese ungeheure Lavamasse eine Länge von 120 km auf eine Breite von 20 und 30 und sie bildet überall einen mehr oder minder hohen Rücken, welcher das Tiefland, an dessen Küste die großen, aus den Gletschern hervorkommenden Flüsse münden, von der Faxabucht und der Umgegend von Reikjavik trennt. Gewiß sind diese ungeheuren Lavamassen nicht auf einmal ergossen worden, gewiß hat bald dieser, bald jener Kegel einen mehr oder minder gewaltigen Ausbruch gethan, wodurch neue Lava- und Aschenmassen zu den schon vorhandenen hinzugefügt wurden. Was bei dem im Jahre 1783 stattgehabten furchtbaren Ausbruch des Skaptar Jökul, der den größten geschichtlich bekannten Lavastrom lieferte, sich ereignete, geschah sicherlich auch hier: alte, längst erkaltete Lavaströme, alte Aschen- und Schuttkegel wurden aufs neue durch die ungeheuren Ströme, welche sich über sie hin ergossen, geschmolzen und dadurch dem neuen Strome mehr oder minder vollständig einverleibt. So ist es denn leicht begreiflich, daß ungeheure Massen geschmolzenen Gesteins hier in Bewegung sein konnten, die Jahre und Jahrzehnte bedurften, bis sie zur vollständigen Erstarrung fortgeschritten waren. Die Blinden Vogelscheren oder Klippen, welche sich in der Verlängerung des Kaps Reikjanaes befinden, die dort noch vor wenigen Jahren stattgefundenen unterseeischen Ausbrüche, die stets dampfenden Schwefelquellen von Krisuvik und der ganze Zug heißer Quellen, die sich

längs des Südrandes der Lavamassen von dem Geysir bis nach Krisuvik erstrecken, beweisen, daß noch heutzutage die vulkanische Thätigkeit nur in geringe Tiefe von diesem Herde sich zurückgezogen hat, der früher so Gewaltiges leistete. Das Thal von Thingvalla mit dem See, mit den beiden Parallelspalten, die es von der umgebenden Hochebene abtrennen, mit den kleineren Spalten im Innern, welche den Logberg umschließen, ist nur eine Wiederholung im großen einer auf Lavaströmen ganz gewöhnlichen Erscheinung. Sowohl oben auf der Fläche, über welche wir ritten, um nach Almanagja zu gelangen, als auch gegenüber auf der geneigten Ebene, in welcher Hrafnagja sich eingerissen hat, findet man häufig Löcher bis zu mehreren hundert Fuß Durchmesser, welche aufs deutlichste einem teilweisen Einsturz der oberen erkalteten Lavakruste ihren Ursprung verdanken. Man sieht, daß eine gewaltige Scholle, deren Zusammenhang mit der umgebenden Kruste nicht ganz fest war, sich durch Spalten abtrennte und auf die Oberfläche des unten fortströmenden feurigen Flusses sich hinabsenkte, so daß eine Höhlung entstand, deren Ränder über die gesenkte Masse hervorstehen. Manchmal zeigt sich noch, daß die gesenkte Scholle in der Mitte geborsten oder in irgend einer Weise teils durch Mangel an Unterstützung auf dem flüssigen Elemente, teils durch Dampfentwickelung darunter gerissen und geborsten ist. Wenden wir diese Beobachtung auf die Entstehung von Thingvalla mit seinen Spalten an, so sehen wir, daß hier in gewaltigem Maßstabe stattfand, was wir dort im kleinen beobachteten. Der ungeheure Lavastrom, bis in bedeutende Tiefe erhitzt und geschmolzen, erkaltete auf seiner Oberfläche, während in der Tiefe er noch im feurigen Flusse seine Bewegungen fortsetzte. Endlich brach die ihrer Stütze beraubte Decke zusammen und, indem sie auf die unterliegende Masse sich senkte, mußten notwendigerweise die beiden Hauptspalten entstehen, welche in paralleler Richtung die gesenkte Masse von derjenigen abtrennen, die auf beiden Seiten in ihrem ursprünglichen Niveau sich erhalten hat und in diesem erkaltet ist. Die kleineren Spalten des Thales und des Logberges, welche in ihrer allgemeinen Richtung der Almanagja folgen, sind nur Zersplitterungen, entstanden durch den Druck, welchen die sich senkende Decke auf die untere, noch flüssige Lavamasse ausübte. Diese letztere wich auf die Seite, preßte von unten her gegen die sich senkende Decke, wulstete diese auf und zersplitterte sie auf dem Höhepunkte der Welle, welche durch den plötzlichen Einsturz hervorgebracht wurde.

Das ganze Thal mit dem See — denn dieser ist nur, wie schon bemerkt, die Fortsetzung des Thales, dessen Fläche sich allmählich unter das Wasser senkt — das ganze Thal ist also nur eine großartige Senkung, verursacht durch das Fortfließen der in der Tiefe noch flüssigen Lava, während die Oberfläche längst erstarrt war. Man braucht weder zu hochtrabenden Phrasen von säkularen Erhebungen noch zu ganz besonderen

Einflüssen seine Zuflucht zu nehmen, man braucht nur den Umstand fest ins Auge zu fassen, daß das ganze Plateau, auf welchem man der Almanagja zureitet, in weiter Erstreckung eben und fast horizontal ist, mit Ausnahme einer terrassenförmigen Absenkung, welche etwa in der Entfernung von 2 km längs dem Spalte von Almanagja und dem westlichen Seeufer sich hinzieht, bas sie der Insel Sandey gegenüber erreicht. Diese terrassenförmige Einsenkung würde sich offenbar zu einem Spalte ausgebildet haben, wenn nicht hier, in größerer Nähe des Randes des Lavastromes, derselbe in seiner Masse schon mehr erkaltet, die Senkung also geringfügiger gewesen wäre. Ebenso erklärt sich nur durch diese einfache Anschauung einer Senkung der weitere Umstand, daß Hrafnagja längs einer geneigten Ebene eingerissen ist, während der Fluß Oxaraa in einer Rinne strömt, welche durch die tiefste Einknickung der einbrechenden Schichten erzeugt wurde. Die vielfältige Zersplitterung durch kleinere Küsten, welche sich überall in dem Thale zeigt, die wellenförmige Gestaltung der Oberfläche, auf der man in erstarrtem Zustande die großen Flutwellen sieht, welche der Lavastrom beim Fortschreiten warf — all dies beweist aufs deutlichste, daß die kaum erstarrte Decke sich auf eine in noch verschiebbarem Zustande, also in feurigem Flusse befindliche Masse senkte, daß die Hauptsenkung zuerst in der Nähe der Almanagja längs der Rinne statthatte, in welcher der Fluß läuft, und daß erst später, indem die Masse sich senkte und eine geneigte Ebene bildete, durch das ungeheure Gewicht die Decke bei Hrafnagja abriß und auf diese Weise den zweiten Parallelspalt bildete."

Über den anschließenden Besuch im Geisergebiet fährt dann Vogt fort: „Weit drüben über dem See, in einer unermeßlichen, mit gelbem Torfmoos überwachsenen Ebene, die sich ohne Unterbrechung bis zu dem fernen Meere hin ausdehnt, sehen wir Dampf aufsteigen, der vom Winde getrieben wie der Dampf eines Bahnzuges über die Ebene streicht und den Fluß verhüllt, der sie durchrauscht. Gegenüber auf der anderen Seite des Sees dampft es ebenfalls in gemessenen Pausen, wie aus der Maschine einer unterirdischen Fabrik, und zu unseren Füßen kaum 100 Schritte entfernt brodelt und quirlt es aus dem Boden, daß man glauben könnte, der See koche.

Während das Nachtessen bereitet und die Zelte aufgeschlagen werden, eilen wir hinab an den See, uns die Quellen anzusehen, welche aus einer verdächtigen Kruste hervorbrodeln und sich unmittelbar mit einem kleinen Bache, der wohl ein Mühlrad treiben könnte, in den See ergießen. Licht blaugrauer Ton, in dem eine Menge von Schwefel, Gips und krystallisierten Salzen abgelagert ist, bildet diese Kruste, aus deren kreisförmigen Öffnungen das nach faulen Eiern stinkende, also gewiß Schwefelwasserstoff enthaltende Wasser kocht. Das hineingehaltene Thermometer steigt auf Siedhitze, der See raucht längs seinem Ufer, und bei dem Versuche zu baden überzeugt



man sich bald, daß das heiße Wasser auf dem kalten Seewasser aufschwimmt, so daß man mit den Füßen im Eise zu stehen glaubt, während man sich die Waden brüht. Eine kleine, etwa spannenlange Forelle scheint offenbar zu ihrem Schaden mit den gewöhnlichen physikalischen Gesetzen nicht vertraut gewesen zu sein und tollkühn den Versuch gemacht zu haben, eine Mücke durch diese obere heiße Schicht hindurch zu erhaschen: sie treibt halbgesotten am Ufer und Greßly riskiert einen Sturz in den kochenden Bach, indem er die Angaben des Thermometers vervollständigen und versuchen will, ob auch die Forelle sich vollständig in der Quelle gar kochen lassen würde. Nirgends bemerkt man eine Anstalt, daß man diese heiße Schwefelquelle, die den Besitzer in unserem zivilisierten Europa zum reichen Manne machen würde, anders als zum Waschen der Zeuge benutze. Nachdem wir Proben des Thones mit den darin abgesetzten Salzen und Mineralstoffen genommen, folgten wir dem lockenden Rufe des Kochs und nahmen vor unserem Zelte, von einer Schar neugieriger Kinder beobachtet, die auf den Dächern der Häuser hockten, unsere Abendmahlzeit ein. . . . . Weit über die Ebene hin, die mit ihren verbrannten Farben, ihren dampfenden Quellen und dem gewundenen Flusse an das öde Feld der römischen Campagna erinnern konnte, glänzten die Eiskolosse des Hekla, Tindsjälla und des Eyjafjälla, in zauberischer Abendbeleuchtung, während in der Nähe die wüsten Schuttkegel, welche den Rand der Ebene bilden, schon in tiefen Schatten gesenkt waren. Wir blieben, bis die Nacht mit ihren Sternen und den über den Himmel schießenden Nordlichtern heraufgezogen war, in der Aussicht schwelgend vor unserem Zelte sitzen, in das wir erst krochen, als die bittre Kälte uns zum Rückzuge zwang. . . . . . . „Früh gesattelt und spät geritten“, heißt es in Island. Es dauert gewöhnlich 2—3 Stunden, bis die Karawane sich in Bewegung setzen kann. In der Nacht haben sich die Pferde trotz der Fesseln, welche man ihnen um die Vorderfüße legt, weithin verlaufen, und bis sie zusammengesucht und bepackt sind, was alles mit außerordentlicher Gemütsruhe und systematischer Langsamkeit geschieht, hat man vollkommen Muße, die Notizen vom vergangenen Tage in Ordnung zu bringen, die Zeichnungen zu vervollständigen und den Lagerplatz in seinen Einzelheiten zu untersuchen. Glücklicherweise war unser Führer Zahlmeister, denn hätten wir auch noch dies zeitraubende, in unendliche Debatten verwickelte Geschäft übernommen, so würden wir sicherlich in den meisten Fällen uns nicht vor Mittag in Marsch haben setzen können. Hat man aber guten Weg und gutes Wetter, so ist die verlorene Zeit bald wieder eingebracht; denn die Pferdchen haben sich während der Nacht vollkommen restauriert und galoppieren, daß es eine Freude ist.

Wir halten uns an dem Rande der Ebene, aus welcher der Eisenbahnzug dampft, der in der Nacht mit dem Nordostwinde seine Richtung voll=

kommen geändert hat. Es giebt lange Strecken, mit hartgetretenem schwarzen Sande bedeckt, auf welchen verschiedene Wettrennen angestellt werden; wir durchkreuzen auch einige Wälder, deren Baumspitzen wir, ohne uns viel zu bücken, vom Pferde aus erreichen können. Einer von uns entdeckt sogar einen Birkenstamm, der zwar auf der Erde kriecht, aber dennoch die Dicke eines Mannsarmes hat, und die ganze Karawane versammelt sich, um dieses Wunder üppiger Vegetation anzustaunen. So gelangen wir, plaudernd und scherzend, und immer dem Rande der Ebene folgend, in ein von Lavastrecken gebildetes Hügelland, aus welchem in einiger Entfernung das Brausen eines Wasserfalles an unsere Ohren schlägt Wir kommen näher und sehen vor uns einen breiten Fluß zwischen dräuenden Lavafelsen eingeschlossen, dessen helle Wasser sich in einen tiefen Spalt stürzen, welcher in der Mitte des Flußbettes sich hinzieht. Erst nach genauerem Hinblicken sehen wir, daß mitten im Wasser über diesen Spalt eine schmale Holzbrücke geworfen ist, deren Zugänge vom Wasser überströmt werden, während sie selbst an einige gewaltige Lavablöcke genietet ist, die an dem Rande des Spaltes hervorstehen. Einer unserer Führer setzt entschlossen in den Fluß, um den Pferden den Weg zu zeigen: das Wasser geht seinem Pferde bis an den Bauch; zwei andere treiben die Ponies von beiden Seiten her im Wasser der Brücke zu, wir folgen. Das Wasser ist so tief, daß es uns bis zu den Bügeln reicht, das Bett uneben, von Spalten und Löchern durchzogen. So reitet man etwa 30 Schritte im Wasser bis zu der schlüpfrigen Brücke, überschreitet auf dieser den gähnenden Spalt, aus dem tosender Gischt und Schaum aufwallt, durchreitet auf der anderen Seite nochmals den flacheren Strom und findet sich endlich auf festem Lavaboden, der üppig mit Heidelbeeren überwachsen ist, die gerade in Frucht stehen. „Wir zählen die Häupter unserer Lieben“, überzeugen uns, daß keiner die Brücke verfehlt hat und fallen dann in Erwartung der Packpferde und des ihnen anvertrauten Frühstücks über die ziemlich saft- und geschmacklosen Heidelbeeren her, ganz wie Leute, die während des Sommers keine einzige Frucht gesehen, geschweige denn gekostet haben.

Der Fluß heißt der Brückenfluß, auf isländisch Bruara; wenn wir nicht irren, ist es der einzige Strom auf der ganzen Insel, der in der That eine Brücke besitzt.

Nachdem wir den Lavastrom überschritten, reiten wir an den wüsten Schuttgehängen hoher Berge hin, sehen nach einigen Stunden hinter einem niederen Bergvorsprunge mächtigen Dampf aufsteigen und wissen nun, daß wir in der Nähe des Geysirs sind. Man braust um die Wette über Stock und Stein: die vordersten wollen Richtung reiten, wie bei einem Kirchturmsrennen, verwickeln sich aber in einem Moorgrunde, während die Klügeren an dem Rande des Moores herumreiten, einen betretenen Übergang finden, um den Berg herumschwenken und dumpfen Donner hören,

der sie zu schnellstem Galopp antreibt. Einige krystallhelle Strahlen schießen wie leuchtende Raketen etwa 25 Fuß hoch aus einer dicken Dampfwolke hervor, während rauchendes Wasser von allen Seiten aus einem Becken hervorrieselt, das auf der Höhe eines stumpfen Kegels angebracht ist. Ehe wir noch abgestiegen sind, ist die ganze Erscheinung wie ein Traum in sich zusammengesunken. Wir sind am Geysir. . . . .

Das Geysirbecken selbst ist ein niederer Kegel mit weiter oberer Öffnung aus grauem Kieselsinter aufgebaut, der in unregelmäßigen Schichten übereinander liegt, ähnlich den Blättern in der Schale einer Auster. Der ganze Kegel ist bekanntlich von dem Wasser selbst aufgeschüttet, das ziemlich bedeutende Mengen von Kieselerde enthält, die es bei dem Verdampfen und dem Herabrieseln absetzt, sonst aber vollständig aufgelöst enthält, denn es ist wunderbar klar und durchsichtig, und nur wenn man in eine größere Tiefe hinabschaut, zeigt es einen grünlichen Anflug. Das Becken selbst hat eine Gestalt, wie man sie bei keiner der anderen Quellen findet und die man am besten mit derjenigen eines flachen Champagnerglases mit hohlem Stiele vergleichen kann. Eine weite, flache Schale, scheinbar kreisrund, in deren Mitte eine Brunnenröhre sich öffnet, aus welcher von Zeit zu Zeit dicke Dampfblasen aufquellen. Das klare Wasser in der Schale, auf dessen Grund man deutlich die blumenkohlähnlichen, feingekörnten Absätze des Kieselsinters gewahrt, dampft wie ein großer Braubottich, der zum Abkühlen gestellt ist. Eine geheimnisvolle Ursache scheint ein abwechselndes langsames Schwellen und Sinken des Niveaus zu bewirken. Manchmal wird dieses Schwellen so bedeutend, daß das Wasser über den Rand der Schale nach allen Seiten hin abfließt, in einigen Vertiefungen stehen bleibt, die von uns als natürliche Waschbecken benutzt werden, meistens aber sich in einem kleinen Bache sammelt, der südlich der Ebene zueilt, an deren Rande das Geysirgebiet sich befindet. Zuweilen erzittert der Boden ganz leise, das Wasser schwillt stärker, in der Mitte, der Öffnung der Röhre entsprechend, hebt es sich wie aus dem Rohre eines Springbrunnens, welchem das Steigrohr noch nicht aufgesetzt ist, quillt einigemale empor, ähnlich dem Wasser der Lebensquelle in dem persischen Märchen, sinkt aber dann wieder zurück, indem einige große Dampfblasen aufsteigen, die der Wind in Wolkenform über die Ebene jagt. Bisweilen, in Intervallen von 3 bis 4 Stunden werden diese Erscheinungen stärker: man hört dann dumpfe Donnerschläge in der Tiefe, die zugleich mit dem fühlbaren Zittern des Bodens aus dem Schlafe wecken; das Wasser fließt stärker über aus der Schale, das Kochen aus der Röhre wird heftiger und zuweilen schießt, von einer mächtigen Dampfwolke gefolgt, ein dicker, krystallheller Strahl aus der Mündung hervor, der aber nur etwa mannshoch sich erhebt, um dann wieder zu versinken. Wir werden häufig bei Tag und Nacht durch solche Versuche und unvollständige Ausbrüche geäfft und müssen endlich am dritten Tage, vom schlechten Wetter



Heiße Quellen: Der große Geiser auf Island in voller Thätigkeit.

gezwungen, die Geysirs verlassen, ohne einem stärkeren Ausbruche beigewohnt zu haben, als derjenige war, welcher uns im Anfange begrüßte.

Folgt man dem Quellenzuge weiter abwärts, so trifft man in einiger Entfernung auf ein zweites Loch, welches einem verfallenen Ziehbrunnen

ähnlich sieht und von einer niedrigen, unregelmäßigen Mauer umgeben ist, die schmutzigbraun aussieht, ebenfalls aus Kiesel besteht und ringsum von gesottenen Rasenfetzen, Steinen und Erdflatschen umgeben ist. Beugt man sich über den Rand dieses Brunnens, so schaut man in einen Schlund von unregelmäßigen braunen Kieselwänden ausgekleidet, in dessen Tiefe von etwa 20 bis 30 Fuß ein kochendes Wasser brodelt. Die Isländer nennen diese Quelle den Strokkr oder das Butterfaß, und die Führer zeigen für ihn eine gewisse Vorliebe, da er ihnen stets aus der Not hilft, wenn der große Geysir in verstocktem Eigensinne keine gehörige Eruption will spielen lassen. Der Strokkr hat, wie Lord Dufferin richtig bemerkt, einen schwachen Magen, der alle unverdaulichen Dinge nach kurzer Zeit wieder hervorwürgt und in übersprudelndem Eifer auswirft. Kaum ist auch unser Zelt aufgeschlagen und alle ökonomischen Vorkehrungen für den Abend und die Nacht getroffen, so werden wir zu einer Vorstellung beim Strokkr eingeladen. Große Rasenstücke werden abgelöst, Steine von allen Seiten herbeigeschleppt, an dem Rande aufgeschichtet und auf ein gegebenes Zeichen in den Brunnen gestürzt. Wir stehen erwartungsvoll in einiger Entfernung, die einen berechnend auf der Seite, von welcher der Wind herkommt, einige Wagehälse beugen sich sogar über den Rand des Schlundes, um zu sehen, was in der Tiefe vorgeht. Es murrt und knurrt einigemale dort unten mit deutlichem Erzittern des Bodens und höherem Aufquellen der durch die eingefüllte Erde schmutzig trüben Flut in der Tiefe — ein plötzlicher Schlag, als würde eine Pforte gesprengt, und nun schießt ein siedend heißer, brauner Wasserstrahl aus der Tiefe hervor, senkrecht bis zur Höhe von 100 Fuß, teilt sich in tausend Tropfen, die sich meist während des Fallens noch in Dampf verwandeln und nur einen schmutzigen Staubregen niederfallen lassen. Gewaltige Dampfwolken drängen sich an der Mündung des Brunnens hervor, über deren Ränder das rauchende Wasser überfließt, größere Rasenstücke und Steine werden bombengleich nach allen Seiten umhergeschleudert. Strahl folgt auf Strahl wohl während einer Viertelstunde, bis endlich diese rauchenden Raketen an Höhe und Stärke abnehmen, der eingefüllte Rasen und Steine herausgeworfen und der im Innern angesammelte Dampf vollständig entwickelt ist. Der Wasserspiegel im Brunnen sinkt so tief zurück, daß man unmittelbar nach dem erzwungenen Ausbruche sehen kann, wie sich der Brunnen in der Tiefe verengt, so daß seine Gestalt einem gewöhnlichen langen Champagnerglase ähnlich sieht, das an seinem Boden einige Risse bekommen hätte.

Ein auf diese Weise herbeigeführter Ausbruch des Strokkr giebt wohl das vollständigste Bild eines untermeerischen vulkanischen Ausbruches. Beobachter eines solchen Schauspieles wissen nicht genug zu erzählen von dem wundervollen Kontraste, den bei Tage, wo man die Glühhitze nicht sieht, die blendend weißen Dampfwolken machen, zwischen denen Aschen-

raketen wie braune Strahlen, Schlacken und größere Lavastücke wie dunkle Bomben emporgeschleudert werden. Die Aschenraketen werden hier beim Strokkr durch die in braunen Tropfen zerteilten Wasserstrahlen, die vulkanischen Bomben durch die Rasenstücke und Steine repräsentiert, während der blendend weiße Dampf massenhaft aus dem kleinen Krater sich entwickelt. Ein Ausbruch des großen Geysirs, jedenfalls an und für sich weit prachtvoller, da keine Beimischung das krystallhelle Wasser trübt, würde grade aus diesem Grunde weit weniger die berührte Ähnlichkeit darbieten.

So groß ist die Zuversicht in die vollständige Wiedergabe des eingestopften Materials durch den Strokkr, daß Kapitän Forbes in seinen vor zwei Jahren erschienenen „Reisen in Island“ erzählt, er habe sein aus einigen Rippen bestehendes Mittagessen in ein Flanellhemd eingebunden in den Schlund geworfen und vollkommen gekocht wieder bei dem Ausbruche zurückerhalten.

Geht man von dem Strokkr aus weiter nach Westen, so findet man in dem sonderbar knirschenden, kieseligen Terrain, das offenbar, ähnlich dem Sprudelsteine von Karlsbad, nur eine verdächtige dünne Kruste über mannigfach gewundenen Kanälen und Höhlungen bildet, eine Menge von verschiedenen Öffnungen, von welchen einige als natürliche Waschanstalten benutzt werden. Die einen sind vollkommen ruhige, klare Becken, aus deren Tiefe nur hie und da eine Dampfblase sich langsam emporwirbelt, ohne daß das eingeschlossene Wasser einen Ausweg hätte; aus den andern fließt es langsam und stetig einem Bächlein zu, das nach Südwesten seinen Weg nimmt. Ein größeres Becken in der Nähe des Strokkr, das auch der kleine Geysir genannt wird, erlaubt sich von Zeit zu Zeit ohne auffallende Vorzeichen das Hervorschießen einiger Strahlen ganz in ähnlicher Weise, wie sein großer Namensvetter, wenn auch mit weit geringerem Effekte. Die Kieselsinterdecke, in welcher alle diese Öffnungen durchgebohrt sind, ist an einzelnen Stellen so warm, daß man nicht darauf stehen mag; anderwärts dagegen grünen und blühen die verschiedenen Kräuter, welche in dieser Gegend vorkommen, ganz besonders üppig auf dem magern Boden.

Das Quellengebiet ist nach Norden zu von einer hohen Kette umschlossen, die in düsteren Terrassen von bleigrauer, schwerer Färbung steil gegen die Ebene abfällt. Dies ist der Bärenberg (Bjarnarfall): sein nordöstlicher Abfall geht in einen hohen Lavastrom über, dessen obere Fläche eine wüste Heide bildet; gegen das Quellengebiet selbst aber springt von dieser Kette aus ein steil abfallender Kegel vor, der Laugafjäll, dessen steil abgerissene, aus unregelmäßigen Säulen von grünlicher Farbe bestehenden Abstürze dem Quellengebiete zugewendet sind. Zwischen diesem Kegel, dessen Gestein eine Art Trachyt oder Klingstein ist, und der Geysirlinie strecken sich weite Halden von merkwürdiger mennigroter Färbung, welche schon aus der Ferne einen schreienden Kontrast zu dem Gelbgrün

der mosigen Ebene und den düstergrauen Gehängen der Bergkette bilden. Die rote Färbung erstreckt sich unmittelbar bis zu dem Fuße der Pyramide des Laugafjälls, deren abgestürzte Gesteinsmassen große Schutthalden bilden. Überall auf dem weiten Umfange dieser roten Halden raucht und dampft es, wie aus seinen Schloten arbeitender Maschinen. Die Halden bestehen aus einem schweren plastischen Thone, der bei näherer Betrachtung rot, gelb, braun, blau und grau geflammt ist und offenbar der Einwirkung des heißen Dampfes selbst seine Entstehung verdankt. Wo sich nur ein Spalt oder ein Spältchen findet, dringt zischender Dampf, häufig in rhythmischen Pausen, hervor; wo man ein Loch mit der Haue oder der Schaufel machen kann, gelangt man nach kurzem Eindringen in eine Tiefe, aus welcher Dampf sich entwickelt. Am Fuße der Pyramide selbst, an der Spitze der Schutthalde, wo der rote Thon fast gänzlich von den grünen herabgeschütteten Gesteinen bedeckt ist, dringt noch ein kleines Wölkchen aus unsichtbarer Spalte. Aber auch einige große Quellenhöhlen finden sich in geringer Entfernung von dem großen Geysir und darunter namentlich zwei kaum durch eine Brücke getrennte, die, von blendend weißem Kieselsinter ausgekleidet, dasselbe wunderbar blaue Farbenspiel bieten, welches die berühmte blaue Grotte von Capri zeigt. Die wellenförmigen Ein- und Ausbiegungen der Sinterwände, welche die Wellenöffnungen einschließen und gegen den nachrückenden Lehm und Thon abschließen, zeichnen sich auf dem tiefblauen Grunde in verwaschenen Linien, welche stets heller und heller werden, je näher der Oberfläche die Vorsprünge sich befinden. Unsere isländischen Führer kümmern sich wenig um die poetische Schönheit des Ortes: an einem Stricke hängt schon ein Schinkenbein in das krystallblaue Naß hinab, welches dem Siedepunkte nahe ist, und bald gesellt sich zu ihm ein Plumpudding, der aus alter Tradition ein notwendiges Requisit einer Geysirreise ist. Da das Wasser dieser Quelle trotz seines Gehaltes an Kieselerde und anderen Salzen dennoch fast völlig geruch- und geschmacklos ist, so wird es von unserem Koche unbedenklich zu allen kulinarischen Zwecken verwendet und damit begreiflicherweise eine bedeutende Ersparnis an Holz erzielt."

So weit Vogt. Die Theorie der periodischen Geiserthätigkeit ist von Bunsen sehr plausibel aufgehellt und die Eruption sogar im Experiment des Laboratoriums künstlich im kleinen nachgeahmt worden. Der (bei einfacher Kenntnis der physikalischen Gesetze, die jeden Kessel siedenden Wassers beherrschen) nicht schwer verständliche Hergang scheint kurz folgender zu sein. Die zur Erklärung notwendigen Eigenschaften der Geiser sind (das weitere nach Fuchs, mit einigen Änderungen und Kürzungen): „auf einem flachen Kegel aus Kieseltuff liegt ein kraterähnliches Becken mit einer in die Tiefe hinabreichenden trichterförmigen Röhre. Darin sammelt sich das heiße Wasser an. Unmittelbar nach der Eruption ist der Kessel leer und

füllt sich nur allmählich, bis das Wasser ruhig über den Kegelabhang überfließt. Die intermittierenden Springquellen entstehen nun dadurch, daß das Wasser am Boden der Röhre beständig von der vulkanischen Glut erhitzt wird. Infolge davon bildet sich darin, wie in jeder Flüssigkeit, wenn man den Boden des Gefäßes erhitzt, eine strömende Bewegung. Das an dem Boden erhitzte und dadurch leichter gewordene Wasser steigt in der Mitte zur Oberfläche auf und breitet sich daselbst aus. An der breiten Wasserfläche findet eine lebhafte Verdampfung statt. Das Wasser kühlt sich daselbst ab, wird dadurch dichter und schwerer und sinkt infolgedessen am Rande in die Tiefe hinab, wo es neuerdings noch mehr erhitzt wird. Darum muß in dem Geysirbecken, wie in jedem ähnlichen Gefäße, eine beständige Cirkulation herrschen; aus der Röhre steigt in der Mitte eine heiße Wassersäule auf, die sich an der Oberfläche etwas abkühlt und dann am Rande wieder hinabsinkt.

In dem Geysirbecken auf Island kann man diese Strömung leicht sichtbar machen, wenn man z. B. Papierblättchen in die Mitte wirft, wo der heiße Strom aufsteigt. Dieselben werden dann sofort gegen den Rand getrieben und mit hinab auf den Boden gezogen, von wo einzelne von ihnen wieder mit dem heißen Strome in der Mitte aufsteigen.

Wenn die Erkaltung an der Oberfläche nicht ganz so stark ist, wie die Erhitzung am Boden, so kann das Wasser immer heißer werden und in dem Geysirbecken, wo anfangs eine Temperatur unter + 100° C. herrschte, kann dieselbe nach und nach auf + 100° C. steigen.

An der Oberfläche des Beckens wird das Wasser nie heißer als + 100° C., wie man von jedem Gefäß mit kochendem Wasser weiß, weil alle weiter zugeführte Hitze nur zur Verdampfung des Wassers dient, bis alles eingetrocknet ist.

In einem verschlossenen Gefäße, in dem sich kein Dampf entwickeln kann, läßt sich jedoch Wasser über 100° C. erhitzen.

Eine hohe Wassersäule bildet ebenfalls für den unteren Teil des Wassers einen solchen Verschluß. Die unterste Schicht in dem Geysirbecken kann wegen des Druckes der ganzen oberen Wassermasse keinen Dampf entwickeln, und da sie von unten noch mehr erhitzt wird, steigt ihre Temperatur über + 100° C.

Auch die etwas weiter oben liegende Schicht kann heißer als 100° werden, da sie ebenfalls unter dem Druck der obern Wassermasse steht; ihre Temperatur kann aber nicht so hoch steigen, wie bei der unteren, weil sie einem geringern Druck ausgesetzt ist. Sobald nämlich die Temperatur so hoch steigt, daß die dabei entwickelte Dampfmasse genügt, dem Druck Widerstand zu leisten, so tritt Dampfbildung ein, und das Hindernis der Dampfentwickelung wird gewaltsam beseitigt. Ein verschlossenes Gefäß wird darum, sobald dieser Grad von Überhitzung eingetreten ist, zerspringen.



Die fortdauernde Erhitzung des Bodens läßt im Geysir, trotz der Abkühlung der Oberfläche, das Wasser immer heißer werden, und in der Röhre nimmt es allmählich eine Temperatur an, die höher ist wie der Siedepunkt unter dem einfachen Luftdruck.

Wenn nun das Wasser so weit erhitzt ist, daß an irgend einem Punkte der Röhre auch nur eine kleine Dampfbildung eintritt, so wird diese kleine Dampfmenge durch ihr Bestreben, aufzusteigen (durch ihre Expansionskraft), dem Druck entgegenwirken und einen Teil desselben aufheben.

Es ist leicht einzusehen, daß die untersten Wasserteile, welche nur infolge des Druckes der ganzen Wassermasse eine so hohe Temperatur annehmen konnten, jetzt, sobald darüber ein Teil des Druckes aufgehoben wird, plötzlich zu stark erhitzt sind und sich, wie das Wasser in einem überhitztem Gefäße, zum größten Teil in Dampf verwandeln müssen, der hinreichend ist, durch seine Kraft das Hindernis zu beseitigen und die über ihm das Geysirbecken noch füllende heiße Wassermasse in die Höhe zu heben.

Auf diese Weise entstehen periodisch die Eruptionen der Geysir, sobald durch Überhitzung einer Stelle Dampfbildung in der Tiefe stattfindet, welche das siedende Wasser als heißen Springquell in die Höhe treibt. Da von der Wassersäule ein Teil immer wieder rasch in den Krater zurücksinkt, so wird das vollständige Ausströmen des Dampfes verhindert; man sieht den Strahl wiederholt aufspringen, bis nach einigen Minuten heißes Wasser und Dampf erschöpft sind.

Es hat den Anschein, als wenn nur solche kochendheiße vulkanische Quellen zu Geysirn oder intermittierenden Springquellen werden, welche Kieselsäure gelöst enthalten und dieselbe an ihrer Mündung als Kieseltuff ablagern.

Durch die Ausscheidung von Kieseltuff bauen sie um die Quellmündung herum jenen Kegel und die Röhre mit dem flachen Geysirbecken, auf deren Vorhandensein alle jene geschilderten Vorgänge beruhen, die zu den periodischen Eruptionen führen.

Wie die Geysirquellen ihrer eigenen Thätigkeit die Existenz als Geysir oder Springquellen verdanken, so führen sie auch selbst durch den weitern Verlauf derselben das Ende der Geysireruption herbei. Der Zustand eines Geysirs ist also nur ein vorübergehender Abschnitt in der Entwickelung der kochendheißen, Kieseltuff abscheidenden Quellen. Vor und nach dieser Entwickelungsperiode ist die Quelle nicht als Geysir thätig.

Im Anfange sind die Geysir Quellen, deren Temperatur beständig + 100 ° C. beträgt und die deshalb ununterbrochen kochend aufwallen. Bohrt sich eine solche Kieselsäure enthaltende Quelle in dem vulkanischen Bezirk eine neue Öffnung, so baut sie bald rings um dieselbe einen kleinen Kegel von Kieseltuff auf. Durch die Dämpfe hoch aufwallend, ergießt sich

das Wasser fortkochend über den Kegel und vergrößert ihn, indem es sich nur in der Mitte die eigene Mündung offen hält, die sich nach und nach zu einer Röhre verlängert.

Je höher der Kegel von Kieseltuff wird, desto länger wird die Röhre, welche sich allmählich oben zu einem schüsselartigen Becken erweitert. Zu dieser Zeit befindet sich in dem Kegel von schönem weißen Kieseltuff ein Becken, das mit krystallklarem, kochendheißem Wasser gefüllt ist; da aber statt der früheren engen Mündung jetzt eine breite Oberfläche vorhanden ist, so macht sich hier die Verdunstung und Abkühlung sehr bemerkbar.

Von unten wird das Wasser in dem Becken beständig erhitzt, von oben aber abgekühlt. Die Erhitzung und Abkühlung liegen in beständigem Widerstreit, ob die Temperatur der Masse zu- oder abnehmen soll.

Dabei giebt es nun bei einer gewissen Größe und Tiefe des Beckens eine Periode, wo die Wassermasse nicht mehr beständig kochendheiß ist, sondern wo durch den Druck der Wassersäule die tiefsten Schichten des Wassers etwas über 100° C. erhitzt werden können; die Oberfläche aber gewöhnlich unter 100° beträgt. Das ist dann die Zeit, wo die Geysirerscheinungen in der geschilderten Weise eintreten.

Die Quelle ist darauf eine Zeit lang als Geysir thätig. Die Vergrößerung des Kegels und des Geysirbeckens macht immer weitere Fortschritte. Infolgedessen nimmt aber auch die Abkühlung an der Oberfläche zu und die zu einer Eruption notwendigen Temperaturverhältnisse treten nach immer länger werdenden Zwischenräumen ein.

Endlich ist das Becken so groß geworden, daß die Abkühlung der Oberfläche überwiegt, und dann hören die Geysirausbrüche ganz auf, und es bleibt nur ein mit heißem Wasser gefülltes Becken zurück, in welchem die Temperatur stets unter dem Kochpunkt verharrt. In der Tiefe der klaren, dunkelblauen, durch kein Aufwallen getrübten Wassermassen dieses Beckens, aus welchem sich ein leichter Dampf erhebt, erblickt man am Boden inmitten phantastischer Formen von Kieseltuffgebilden die dunkeln Umrisse der einst den Mund eines Geysirs bildenden Öffnung, die sich in einer dem Auge unerreichbaren Tiefe verliert.

In den größeren Geysirdistrikten kann man gewöhnlich nahe bei einander alle diese verschiedenen Entwickelungszustände solcher Quellen sehen.

Die vulkanische Hitze erwärmt das Wasser in dem Boden und giebt ihm die Kraft, Kieselsäure zu lösen; kochendheiß wallt die Quelle auf. Aus den fortwährend kochendheißen Quellen werden mit der Zeit Geysir, die sich allmählich in die ruhigen, mit heißem Wasser gefüllten Becken umwandeln. Wie die Quellen allein durch den Aufbau der Kieseltuffkegel sich zu Geysir entwickeln, so ist es auch ihre eigene Thätigkeit, durch welche sie die Eigenschaft als Geysir wieder verlieren. Verschließen sie sich dabei mit der Zeit ihre eigene Quellmündung, dann bricht das in die Erde

zurückgedrängte Wasser an einer anderen Stelle hervor und beginnt wieder als kochende Quelle, um sich zu einem neuen Geysir zu entwickeln".

Die Probe auf diese Geisertheorie läßt sich in dem nebenstehend abgebildeten Apparat machen. Eine 2 m lange Eisenröhre hat oben ein flaches Ausflußbecken und unten in bestimmter Höhe zwei Feuerstellen. Füllt man die Röhre mit Wasser, so beginnt das ganz unten befindliche Wasser unter dem Druck der Atmosphäre und der 2 m hohen Wassersäule bei 105° zu sieden, während es an der etwa 60 cm höher gelegenen Stelle, wo der zweite Feuerring sitzt, infolge des geringeren Druckes schon bei 103° zum Sieden kommt. Alsbald jetzt wird die Wassersäule emporgedrückt und beginnt das Becken zu füllen, — der Druck für die unterste Schicht vermindert sich im gleichen Moment so weit, daß das Wasser in ihr jäh zu Dampf wird, und dieser treibt das darüber stehende Wasser jetzt in hohem Strahl empor: die Geisereruption findet statt und wiederholt sich nach dem Zurücksinken des Wassers in die Röhre in regelmäßigen Perioden.



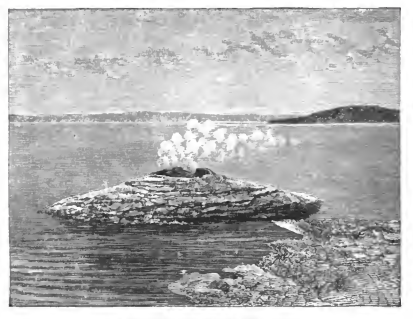
Apparat zur künstlichen Darstellung von Geiser-Eruptionen.

Geht man von Island weiter nach Westen, so erlischt auf weite Strecken hin das vulkanische Leben. Man kann den ganzen flacheren Teil von Nordamerika überspringen bis in die Gegend, wo die großen, einander parallelen Kettengebirge: Rocky Mountains und Kaskade Range-Sierra Nevada zuerst jene ungeheure Mauer gegen den Stillen Ozean hin aufrichten, die in ihren Verlängerungen dann fast einen ganzen Gebirgsmeridian bis zum Kap Horn hinunter bildet. Zum erstenmal sehen wir hier die vulkanische Thätigkeit hervorbrechen aus den höchsten Alpengipfeln riesiger



Landschaft aus dem Yellowstone-Park in Nordamerika.
Hayden Valley mit dem Yellowstone Fluß.

Gebirgsketten. Die eigentlichsten Bergkolosse des ganzen Erdteils entsenden Rauchsäulen oder zeigen doch alte Krater, und die Glut der Tiefe leuchtet von Höhen, die selbst unter dem Äquator, wo die Schneegrenze so hoch hinaufrückt, ein beständiger weißer Mantel umgiebt. Im Angesicht dieser amerikanischen Vulkane hat sich mit zuerst jene schon einmal oben berührte Theorie bilden können, daß die aufdrängende vulkanische Kraft die direkte Ursache aller irdischen Gebirgsbildung überhaupt sei, — eine



Heiße Quelle im Yellowstone-See
(Yellowstone-Park, Nordamerika).

Theorie, für die uns allerdings der Vesuv oder Ätna keinerlei Anhaltspunkte boten und höchstens jenes Granitphänomen in der Auvergne eine schwache Stütze gewährte, — auch dieses eine zu schwache, wie vorgreifend zugesetzt sein mag, um der Gesamttheorie noch heute eine bleibende Rolle im Daseinskampfe der Ideen zu sichern.

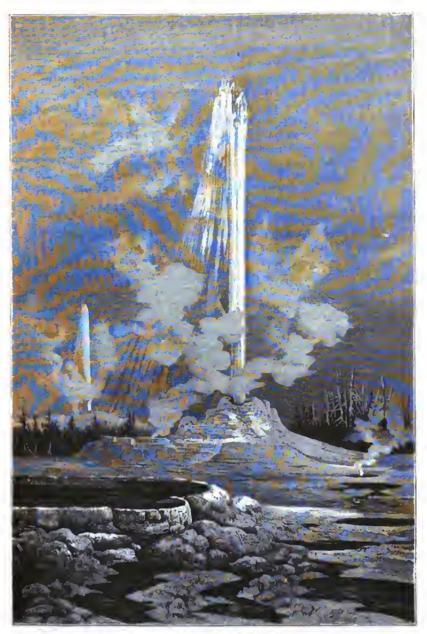
Der Leser, der einen Blick auf unsere „Vulkan-Karte“ werfen will (auf der neben den gegenwärtig thätigen allerdings auch die in geschichtlicher Zeit oder wenig früher erloschenen Vulkangebiete verzeichnet sind), gewahrt die amerikanische Kette, beginnend hoch im Norden, fast in der Breite von Island, bei der Halbinsel Alaska. Mindestens fünf vulkanische Feuer-



Landschaft aus dem sogen. Cañon des Yellowstone-Flusses
im Yellowstone-Park in Nordamerika.

stätten mit starker Thätigkeit glühen hier mitten aus dem eisbedeckten Gebirge, durchaus die Verhältnisse Islands wiederholend. Durch und durch vulkanisch ist das der Westküste genau parallele Kaskadengebirge und seine nördlichen Fortsetzungen bis zum sechzigsten Breitengrade, wo der 5900 m hohe, also den Ätna fast ums Doppelte überragende Eliasberg steht. Die anschließende Sierra Nevada zeigt nicht minder vulkanische Erscheinungen. Die breite, von mancherlei Einzelgebirgen durchsetzte Mulde aber zwischen diesen großen Ketten und dem parallelen Felsengebirge kündet allenthalben in ihren kolossalen Trachyt- und Basaltmassen, daß hier wenigstens vor einiger Zeit der Schauplatz wildesten Lavaquellens gewesen, und neuerdings ist auch von vereinzelten, wirklichen Ausbrüchen der Jetztzeit berichtet worden, — Angaben, über die die Akten allerdings noch nicht geschlossen sind, da trotz der scheinbar so bequem das Land durchquerenden großen Eisenbahnlinien thatsächlich die Gebirgsgebiete des vielgestaltigen nordamerikanischen Erdteils lange nicht erschöpfend durchforscht sind. Welche Wunder sich da in einsamer Bergöde noch verstecken mögen, davon giebt es keinen schlagenderen Beweis, als die erst 1869 zufällig geglückte Entdeckung der einzigartigen Geiser-Region des sogenannten Yellowstone-Parks.

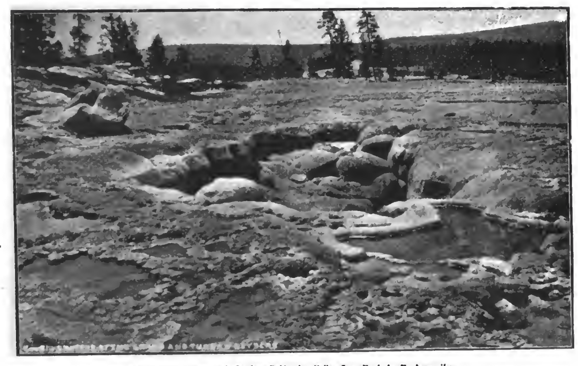
Etwas südlich von der Mitte der Felsengebirgskette (Rocky Mountains), dicht an ihrem schneebedeckten Hauptkamm, — im Quellgebiet des Yellowstone-Flusses, der zum Missouri nordöstlich abfließt, in etwa 2400 m Höhe (also etwa 300 m über der kleinen Scheideck auf der Wengernalp im Berner Oberland und in mehr als der halben Höhe der Jungfrau) dehnt sich eine von Thälern tief zerfurchte Hochebene. In ihr scheint Island jäh inmitten eines Kontinentes noch einmal zu erstehen, großartiger noch und reicher in den Wundern seiner Tiefe als die Insel selbst. Im Schoße uralter, dunkler Nadelholzwälder, in denen Bären und Elentiere traben und der letzte Rest der fast ausgerotteten Büffel sich birgt, dampft es an wenigstens fünftausend Stellen aus der Erde, und periodisch brausen ungeheure Geiserstrahlen bis zu 200 Fuß Höhe empor. Wie auf Island, so haben sich auch hier (nur noch weit großartiger) durch den Niederschlag des Kalk- und Kieselgehaltes der heißen Quellen enorme Beckensäume und Terrassen von märchenhafter Farbenpracht gebildet, bei denen der Regenbogenglanz des Gesteins mit den wirklichen Regenbogen der sonnendurchglänzten Dampfwolken wetteifert. Ende der 50er Jahre kam die erste Sage von diesem Wunder des Felsengebirges herüber. Zehn Jahre später, im Sommer 1869, drang die erste kühne Reisegesellschaft ins Yellowstone-Thal selbst vor. Eine ganz außergewöhnliche Aufregung bemächtigte sich der wissenschaftlichen Kreise Nordamerikas. Nachdem Professor Hayden als Geolog eingehenden sachmännischen Bericht gegeben, erließ der Kongreß der Vereinigten Staaten am 1. März 1872 das immerhin kulturgeschichtlich denkwürdige Gesetz, wonach



Der Turm-Geiser im Yellowstone-Park.
(Nordamerika.)

die gesamte Geiserregion zum Nationaleigentum erklärt, also von jeder Privaterwerbung ausgeschlossen, von besonderen Beamten verwaltet und als „Nationalpark“ der öffentlichen Benutzung durch Besucher überantwortet werden sollte. In der Folge sind die Grenzen des Parkes noch sehr erweitert worden, so daß er jetzt ein Areal umfaßt, das größer als Belgien ist. Eine Zweigeisenbahn, die an die Riesenroute der Nord-Pacific-Bahn direkt und bequem anschließt, vermittelt den Verkehr, und aus der Wildnis inmitten der Urwälder und zwischen kochenden Dampfsäulen erheben sich komfortable Hotels, so daß der Besuch des Yellowstone-Parks gegenwärtig bereits unvergleichlich viel leichter gemacht ist als der etwa der Geiser auf Island. Die schönen Photographien, die unsern Bildern zu Grunde liegen, werden bald als angenehme Reiseerinnerung im Album jedes wohlhabenden Touristen zu finden sein.

Diese Bilder werden dem Leser besser, als es Worte vermögen, eine Ahnung von dem wirklichen Zauber des Yellowstonegebietes wecken. Was ihnen bloß fehlt, sind die unglaublichen Farbenkontraste. Schon die Ufer des Flusses selbst (die Geiserregion liegt etwas abseits) leisten hier das denkbar Seltsamste. Zuerst durchquert der Yellowstone einen gewaltigen See von 18 Meilen Durchmesser, der fast die Gestalt einer Hand besitzt. Nächst dem Titikakasee im südamerikanischen Alpenland ist es der höchst gelegene große See der ganzen neuen Welt und einer der höchsten der Erde überhaupt. Undurchdringliche Fichtenwälder umgeben ihn, überragt von den schneebedeckten Spitzen des nahen Gebirgskammes, aus dem der Strom heruntersteigt. Das Wasser ist schwefelhaltig, allerorten in der Nähe des Ufers dampfen warme Quellen im Kontrast zu dem eisigkalten Bergwasser selbst. Vorbei dann an einem wahren Höllenschlund, dem sogenannten Mud Cauldron oder Schlammgeiser, der aus 10 m breitem und 6 m tiefem Trichter blaugraue, kochende Schlammmassen unter grausigem Gewinsel emporwallen läßt, vorbei an Schwefelhügeln und erstickenden Dunst aushauchenden Schwefelquellen wühlt sich dann der Fluß sein Bett in die vulkanischen Ryolithmassen des Parkbodens ein. Er bildet einen sogenannten Cañon, eine schmale Schlucht mit himmelhoch ansteigenden Wänden, so steil, als habe man mit einer scharfen Säge einen ungeheuren Cementblock haarscharf durchteilt, — dieselbe Erscheinung, die sich in noch gigantischeren Dimensionen am Coloradofluß wiederholt, dessen Cañon die äußerst instruktive Farbenbeilage zu diesem Bande zur Anschauung bringt; für den Deutschen möchte als mögliche Analogie sich immerhin die Erinnerung an die grotesken Felsbildungen der Sächsischen Schweiz, wo die Elbe auch ein großes Plateau tief durchsägt hat, einstellen. Was dem Cañon des Yellowstone besonderen Reiz giebt, sind vor allem die grellen Farben. Tief unten der Fluß als schmaler Faden von lichtem Blau. Dann die durchfressenen vulkanischen Ryolithfelsen rot, orange, gelb und purpurn, fast in der ganzen



Becken des Grand- und Turban-Geiser im Yellowstone-Park in Nordamerika.



Der Old Faithful-Geiser im Yellowstone-Park in Nordamerika.

Regenbogenskala. Endlich oben lebensgrüne alte Fichten am Schluchtenrand. Die tiefste Stelle des Cañon geht bis 360 m hinab, stellenweise bei nur 300 m der oberen Öffnungsbreite. An mehreren Stellen stürzt der

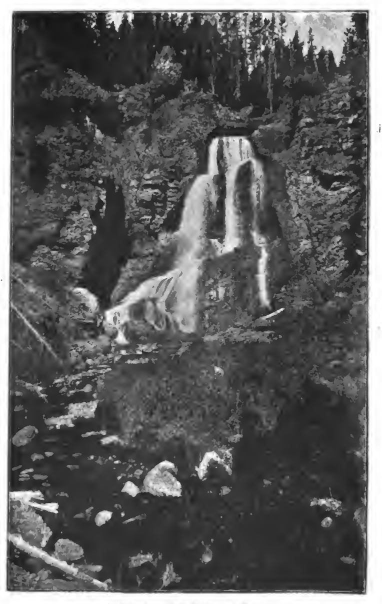


Der Fountain-Geiser im Yellowstone-Park in Nordamerika.

Yellowstone in gewaltigen Wasserfällen (bis zur Höhe von 95 m) abwärts.
Zeigt sich hier, was ein reißendes Gebirgswasser auf relativ weicher, vulkanischer Tuffmasse im Lauf der Jahrhunderte vermag, so eröffnet sich die ganze Großartigkeit der Wirkung *direkt vulkanisch erhitzten,*



Landschaft aus dem Yellowstone-Park mit Kalksinter-Terrassen.
Im Hintergrunde eines der neu erbauten Hotels.

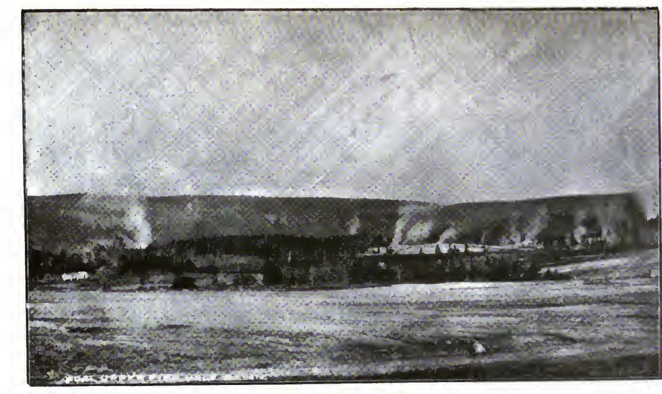


Landschaft aus dem Yellowstone-Park.
(Cristal falls.)

kalk- und kieselllösenden Wassers heißer Quellen in dem vom Yellowstone im Halbkreis umzogenen, aber nicht direkt berührten, eigentlichen Geisergebiet. Bei den sogenannten Mammoth Hot Springs haben eine enorme Masse solcher Quellen (über 70), die eine Temperatur von 15 bis gegen 60° R. zeigen, durch ihre Absätze allmählich eine 60 m hohe Terrasse mit etwa einem Dutzend Stufen abgesetzt. Das himmelblaue Wasser sammelt sich und plätschert über selbstgeschaffene Steingebilde, die in den leuchtendsten Regenbogenfarben prangen und eine Lichtfülle erzeugen, die bei Mittagssonne das unbewaffnete Auge kaum noch erträgt In der Nähe dieser Wundergebilde, die, nachdem ein ähnliches und längst berühmtes Prachtstück auf Neu-Seeland neuerdings einem zerschmetternden Vulkanstoß zum Opfer gefallen, ihresgleichen nicht mehr auf der Erde haben, sprudeln dann auch die echten Geiser. Ihr Bild gleicht in den Grundzügen dem, was wir auf Island kennen gelernt, nur ist alles großartiger. In dem sogenannten „Unteren Geiserbecken“, in einer Meereshöhe von etwa 2210 m, giebt es an 700 heiße Quellen und über 20 echte Geiser. Hier sprudelt der Fountain Geiser, nur 9—15 m hoch, aber prächtig durch seine weit verstreuten Wassergarben, deren Ausspritzen jedesmal bis zu 20 Minuten anhält. Der nahe Great Fountain Geiser wirft seinen höchsten Strahl bis 45 m. Im Midway Geiser-Bassin brachte es noch um 1890 der Excelsior-Geiser auf ein Maximum von 90 m, seitdem scheint er erschöpft zu sein; sein selbstgeschaffener Wall ragt 5—6 m über den 60—70 m breiten Kessel empor. Im „Oberen Geiserbecken“ speien gegenwärtig gegen 40 Geiser. Hier ist der Old Faithful, der alle 65 Minuten 35—45 m hoch geht, der Beahive, dessen Kesselwall einem Bienenkorb gleicht, mit 60 m, der Grand mit ebensoviel, endlich der Giant, der 1½ Stunden lang zu toben pflegt und es bis auf 75 m bringt.

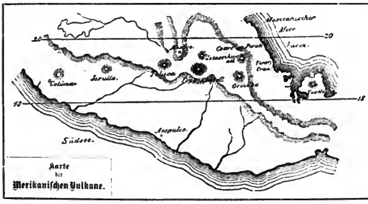
Bei Betrachtung der Liparischen Inseln ist uns die Erscheinung entgegengetreten, daß unter Umständen von einem Punkt einer weit zu verfolgenden Vulkankette plötzlich kleine Ketten radial auslaufen, gleichsam einen Stern auf der großen Linie bildend, dessen Centrum darum doch in der Linie selbst bleibt. In Amerika, wo alles ins Kolossale umgesetzt ist, findet sich die entsprechende große Analogie, und zwar in Mittelamerika, in Mexiko. Ein Blick auf die Karte lehrt, wie die schmale mittelamerikanische Verlängerung von Nord- nach Südamerika nur im allgemeinsten Sinne eine direkte nordsüdliche Brücke bildet: in Wahrheit biegt sie so stark östlich um, daß Mexiko zwischen Kap Corrientes und Yucatan der Linie des Breitengrades folgt, also fast vollkommen rechtwinklig zu den in der Meridianrichtung von Nordamerika her absteigenden und in Südamerika sich fortsetzenden vulkanischen Kettengebirgen steht. Da nun

Landschaft aus dem Yellowstone-Park.



Landschaft aus dem Yellowstone-Park.
(Man gewahrt allenthalben die Dampfsäulen heißer Quellen.)

gerade dieser Teil Mexikos durch eine ganz besonders rege Vulkanthätigkeit ausgezeichnet ist, so haben wir hier den Fall einer zur Hauptkette plötzlich senkrechten Nebenkette. Die untenstehende kleine Karte zeigt die mexikanischen Vulkane in ihrer dem Äquator nahezu parallelen Anordnung sehr deutlich. Es sind einige der merkwürdigsten Vulkane der ganzen Erde, die sich gerade hier diese seltsame Kreuzung der Hauptlinie erlaubt haben. Nachdem zuerst von Norden her, in ungefährer Verlängerung der normalen Sierra Nevada- und Felsengebirgsketten, eine Anzahl Krater nach Mexiko eindringen, und konsequent dem Stillen Ocean parallel laufen (Tepic, Ceboruco, Ahuacatlu

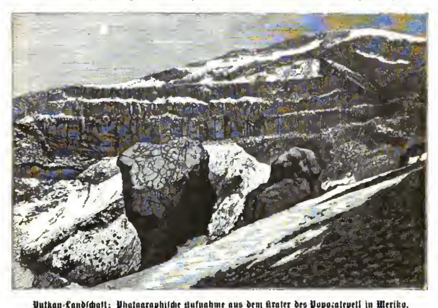


Im Gegensatz zu den anderen, von Nord nach Süd geordneten Vulkanreihen in Nord-, Süd- und Mittel-Amerika läuft diese mexikanische Kette zwischen dem 18. und 20. Grade nördl. Br. nahezu dem Äquator parallel. (Nach Vogt, Handbuch der Geologie und Petrefaktenkunde.)

u. a.) tritt mit dem Pik von Tanzitaro die Schwenkung ein und endet erst bei Veracruz am Atlantischen Ocean (resp. dem Golf von Mexiko) mit dem Tuxtla. In der Schwenkungskette liegen die größten, mit ewigem Schnee bedeckten Berge des ganzen Landes: die Vulkane (von West nach Ost gerechnet) Iztaccihuatl (4687 m), Popocatepetl (circa 5400 m) und Citlaltepetl oder Pik von Orizaba (5393 m).

Der Popocatepetl und der Iztaccihuatl (die Namen, der aztekischen d. h. altmexikanischen Sprache entstammend, bedeuten: „der rauchende Berg“ und „die weiße Frau“) sind die eigentlichen großen Wächter der seltsamen, so geschichtsreichen Hochebene von Mexiko. 7 und 10 geographische Meilen vom Südwestrande des Sees von Tezcuco entfernt, in dem einst zu Cortez' Zeiten die Wunderstadt Tenochtitlan mit ihrem ungeheueren Tempel und ihren zum Ufer leitenden Riesendämmen stand, haben sie schon den Blick jener tollkühnen spanischen Eroberer Karls V. auf sich gelenkt, wie sie heute dem eleganten Promenadenpublikum der

werdenden Kulturstadt Mexiko als gefälliges Panorama dienen, — seit so viel Jahrhunderten Zeugen eines Auf- und Abflutens menschlicher Entwickelung, wie es ähnlich höchstens der Vesuv und Ätna zu ihren Füßen gesehen. Da ihr Doppelgipfel der Hauptstadt um die Hälfte näher liegt als etwa die Schweizer Centralalpenkette bei Bern oder Mailand, der Popocatepetl 1817 Fuß höher ist als der Montblanc und von einem schon 7000 Fuß höheren Plateau durch reinere und dünnere Luftschichten gesehen wird, so ist, wie Humboldt sich ausdrückt, „der Anblick des mexikanischen



Vulkan-Landschaft: Photographische Aufnahme aus dem Krater des Popocatepetl in Mexiko.

Bergkolosses mit seiner glänzenden Schneemasse viel großartiger als alles, was die Gebirgsländer Europas darbieten.“ In jener Sturmzeit, da das Aztekenreich vor den spanischen Schwertern und Kanonen in den Staub sank unter einer Hochspannung aller menschlichen Heldengröße, wie aller menschlichen Roheit, wie sie ähnlich nur die uralte Dichtung der Ilias uns aufbewahrt hat, ist der Gebirgspaß zwischen den beiden Vulkanen von Cortez und seiner Armee im Oktober 1519 überklettert worden. Damals schon dampfte der Popocatepetl mächtig; nach — allerdings widerspruchsvoller — Überlieferung wäre einer der kühnen Heerführer bis an den Krater selbst hinaufgekommen, was ihm vom Kaiser später einen brennenden Vulkan im Wappen eintrug. Heute macht die Besteigung keine

wesentlichen Schwierigkeiten mehr. Der Krater entwickelt bloß Schwefeldämpfe, scheint sich also dem Solfatara-Stadium zu nähern. Der Iztaccihuatl ist vollständig erloschen.

In der Form des Kraters, der gegen Südost eigentümlich absinkt, ähnelt der Popocatepetl sehr dem Pik von Orizaba (Citlaltepetl, Sternberg von den Azteken genannt, wohl weil sein Lichtschein sterngleich bis zur Seeküste glänzte), den unser Bild auf S. 743 in einer wertvollen Darstellung zeigt, die von Baron Gros als Ölbild entworfen und von dem vielgereisten Aquarellisten Eduard Hildebrandt zur Illustrierung der Humboldt'schen Vulkanstudien (Kleinere Schriften, Atlas, Tafel IX.) vervollständigt wurde. 1545 bis 1566 hatte der Orizaba seinen stärksten bekannten Ausbruch.

Aber neben diesen feuerdurchglühten Alpenriesen, die durch ihre imposante Schönheit von jeher das Interesse geweckt haben, birgt diese abschwenkende Kette von Mexiko noch einen, nicht durch Größe oder Pracht, wohl aber durch ausgesuchte Merkwürdigkeiten seiner Entstehungsgeschichte berühmten Vulkan. Es ist der „Monte Nuovo“ von Centralamerika: der Jorullo oder Xorullo. Abermals führt er uns vor die Frage, ob Vulkankegel entstehen durch einfache Aufschüttung der dem „Loch“ entstiegenen Vulkanprodukte (Asche und erkaltende Lava), oder ob bei ihnen durch die drängende Spannung des Innern hohe Blasen fester Erdrinde aufgetrieben werden, die dann zuletzt erst (nicht immer!) an der Spitze platzen und einen normalen Krater bilden, der jetzt erst Auswurfsprodukte um sich her häuft. Wir sahen, daß der Monte Nuovo bei Pozzuoli zu solcher blasigen Auftreibung schließlich doch keinen Anlaß bot. Anders schien es den ersten Beobachtern bei dem plötzlich entstandenen Jorullo zu liegen, und kein geringerer als Alexander von Humboldt, der erste wissenschaftliche Erforscher der mexikanischen Vulkane, trat dabei als Stimmführer im Sinne der „Erhebungstheorie“ auf. Hören wir zuerst den objektiven Bericht über die auf alle Fälle überaus merkwürdige Katastrophe des Jorullo, bei der, kurz nach dem Erdbeben von Lissabon, 1759 der 1309 m hohe Berg unversehens aus dem Boden wuchs, in der Darstellung des reifen Humboldt, wie er sie am Abend seines Lebens im vierten Bande des „Kosmos“ (1858) niedergelegt. Ein paar Stellen sind unbedeutend gekürzt.

„In der Reihe der mexikanischen Vulkane ist das größte und seit meiner amerikanischen Reise berufenste Phänomen die Erhebung und der Lavaerguß des neu erschienenen Jorullo. Dieser Vulkan, dessen auf Messungen gegründete Topographie ich zuerst bekannt gemacht habe, bietet durch seine Lage zwischen den beiden Vulkanen von Toluca und Colima und durch seinen Ausbruch auf der großen Spalte vulkanischer Thätigkeit, welche sich vom Atlantischen Meere bis an die Südsee erstreckt, eine wichtige und

deshalb um so mehr bestrittene geognostische Erscheinung dar. Dem mächtigen Lavastrom folgend, welchen der neue Vulkan ausgestoßen, ist es mir gelungen, tief in das Innere des Kraters zu gelangen und in demselben Instrumente aufzustellen. Dem Ausbruch in einer weiten, lange friedlichen Ebene der ehemaligen Provinz Michuacan in der Nacht vom 28. zum 29. September 1759, über 30 geographische Meilen von jedem anderen Vulkane entfernt, ging seit dem 29. Juni desselben Jahres, also zwei volle Monate lang, ein ununterbrochenes unterirdisches Getöse voraus. Es war dasselbe dadurch schon von den wunderbaren „Bramidos“ von Guanaxuato (monatelangem unterirdischen Gebrüll) verschieden, daß es, wie es gewöhnlich der Fall ist, von Erdstößen begleitet war: welche der silberreichen Bergstadt im Januar 1784 gänzlich fehlten. Der Ausbruch des neuen Vulkans um 3 Uhr morgens verkündete sich tags zuvor durch eine Erscheinung, welche bei anderen Eruptionen nicht den Anfang, sondern das Ende zu bezeichnen pflegt. Da, wo gegenwärtig der große Vulkan steht, war ehemals ein dichtes Gebüsch von der ihrer wohlschmeckenden Früchte wegen bei den Eingeborenen so beliebten Guayava. Arbeiter aus den Zuckerrohrfeldern der Hacienda de San Pedro Jorullo, welche dem reichen, damals in Mexiko wohnenden Don Andres Pimentel gehörte, waren ausgegangen, um Guayava-Früchte zu sammeln. Als sie nach der Meierei zurückkehrten, bemerkte man mit Erstaunen, daß ihre großen Strohhüte mit vulkanischer Asche bedeckt waren. Es hatten sich demnach schon in dem, was man jetzt das Malpais nennt, wahrscheinlich am Fuß der hohen Basaltkuppe el Cuiche, Spalten geöffnet, welche diese Asche ausstießen, ehe noch in der Ebene sich etwas zu verändern schien. Aus einem in den bischöflichen Archiven von Valladolid aufgefundenen Briefe des Pater Joaquin de Ansogorri, welcher drei Wochen nach dem Tage des ersten Ausbruchs geschrieben ist, scheint zu erhellen, daß der Pater Isidro Molina, aus dem Jesuiterkollegium des nahen Patzcuaro hingesandt, „um den von dem unterirdischen Getöse und den Erdbeben aufs äußerste beunruhigten Bewohnern der Playas de Jorullo geistlichen Trost zu geben,“ zuerst die zunehmende Gefahr erkannte und dadurch die Rettung der ganzen kleinen Bevölkerung veranlaßte.

In den ersten Stunden der Nacht lag die schwarze Asche schon einen Fuß hoch; alles floh gegen die Anhöhen von Aguasarco zu, einem Indianerdörfchen, das 2260 Fuß höher als die alte Ebene von Jorullo liegt. Von diesen Höhen aus sah man (so geht die Tradition) eine große Strecke Landes in furchtbarem Feuerausbruch, und „mitten zwischen den Flammen (wie sich die ausdrückten, welche das Bergaufsteigen erlebt) erschien, gleich einem schwarzen Kastell, ein großer unförmiger Klumpen“. Bei der geringen Bevölkerung der Gegend (die Indigo- und Baumwollenkultur wurde damals nur sehr schwach betrieben) hat selbst die Stärke langdauernder



Vulkan-Landschaft: Die Vulkane Popocatepetl (rechts) und Iztaccihuatl in Mexiko.
Im Vordergrunde der See von Tezcuco. (Nach der Natur gezeichnet von F. Rud. Vogel.)

Erdbeben kein Menschenleben gekostet, obgleich durch dieselben, wie ich aus handschriftlichen Nachrichten ersehen, bei den Kupfergruben von Inguaran, in dem Städtchen Patzcuaro, in Santiago de Ario und viele Meilen weiter, doch nicht über St. Pedro Churumuco hinaus Häuser umgestürzt worden waren. In der Hacienda de Jorullo hatte man bei der allgemeinen nächtlichen Flucht einen taubstummen Negersklaven mitzunehmen vergessen. Ein Mestize hatte die Menschlichkeit, umzukehren und ihn, als die Wohnung noch stand, zu retten. Man erzählt gern noch heute, daß man ihn knieend, eine geweihte Kerze in der Hand, vor dem Bilde de Nuestra Señora de Guadalupe gefunden habe.

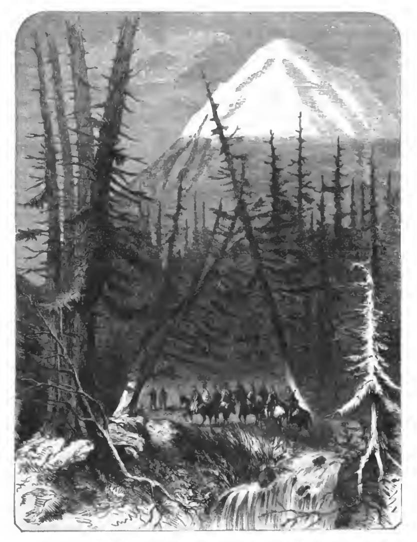
Nach den weit und übereinstimmend unter den Eingeborenen verbreiteten Tradition soll in den ersten Tagen der Ausbruch von großen Felsmassen, Schlacken, Sand und Asche immer auch mit einem Erguß von schlammigem Wasser verbunden gewesen sein. Alle Augenzeugen erzählen (ich übersetze aus der Beschreibung, welche der Intendant, Oberst Riaño, und der deutsche Bergkommissar Franz Fischer, der in spanische Dienste getreten war, über den Zustand des Vulkans von Jorullo am 10. März 1789 geliefert haben): „daß, ehe der furchtbare Berg erschien, die Erdstöße und das unterirdische Getöse sich häuften, am Tage des Ausbruchs selbst aber der flache Boden sich sichtbar senkrecht erhob und das Ganze sich mehr oder weniger aufblähte, so daß Blasen erschienen, deren größte heute der Vulkan ist. Diese aufgetriebenen Blasen von sehr verschiedenem Umfang und zum Teil ziemlich regelmäßiger konischer Gestalt, platzten später und stießen aus ihren Mündungen kochendheißen Erdschlamm wie verschlackte Steinmassen aus, die man, mit schwarzen Steinmassen bedeckt, noch bis in ungeheure Ferne auffindet."

Diese historischen Nachrichten, die man freilich ausführlicher wünschte, stimmen vollkommen mit dem überein, was ich aus dem Munde der Eingeborenen 14 Jahre nach der Besteigung des Antonio de Riaño vernahm. Auf die Fragen, ob man „das Bergkastell" nach Monaten oder Jahren sich allmählich habe erhöhen sehen oder ob es gleich in den ersten Tagen schon als ein hoher Gipfel erschienen sei, war keine Antwort zu erhalten. Riaño's Behauptung, daß Eruptionen noch in den ersten 16 bis 17 Jahren vorgefallen wären, also bis 1776, wurde als unwahr geleugnet.

An dem westlichen Abfall der von SSO. nach NNW. streichenden Cordillera central de Mexico bildet die Ebene der Playas de Jorullo in nur 2400 Fuß Höhe über dem Niveau der Südsee eine von den horizontalen Bergstufen, welche überall in den Cordilleren die Neigungslinie des Abfalls unterbrechen.

Der rundliche, konvexe Teil der gehobenen Ebene hat ungefähr 12000 Fuß im Durchmesser, also ein Areal von mehr als 1/3 einer geographischen Quadratmeile. Der eigentliche Vulkan von Jorullo und die fünf anderen Berge,

die sich mit ihm zugleich und auf einer Spalte erhoben haben, liegen so, daß nur ein kleiner Teil des Malpais östlich von ihnen fällt. Die Vergleichung der Barometerstände des Punktes, wo die Hebung in den Playas



Vulkan-Landschaft: Die Fichtenregion des schneebedeckten Vulkans Popocatepetl in Mexiko.

anfängt, mit dem Punkte unmittelbar am Fuße des Vulkans giebt 444 Fuß relativer, senkrechter Höhe. Das Haus, das wir bewohnten, stand ungefähr nur 500 Toisen von dem Rande des Malpais ab. Es fand sich dort ein kleiner senkrechter Absturz von kaum 12 Fuß Höhe, von welchem die heiß gewordenen Wasser des Baches Rio de San Pedro herabfallen. Was ich dort am Absturz von dem inneren Bau des Erdreichs untersuchen konnte, zeigte schwarze, horizontale Lettenschichten mit Sand gemengt. An anderen Punkten, die ich nicht gesehen, hat Burkart „an der senkrechten Begrenzung des erhobenen Bodens, wo dieser schwer zu ersteigen ist, einen lichtgrauen, wenig dichten (verwitterten) Basalt mit vielen Körnern von Olivin" beobachtet. Dieser genaue und erfahrene Beobachter hat aber an Ort und Stelle, ganz wie ich, die Ansicht von einer durch elastische Dämpfe bewirkten, blasenförmigen Hebung der Erdoberfläche gefaßt: entgegengesetzt der Meinung berühmter Geognosten, welche die Konvexität, die ich durch unmittelbare Messung gefunden, allein dem stärkeren Lavaerguß am Fuß des Vulkans zuschreiben.

Die vielen Tausende der kleinen Auswurfskegel (eigentlich mehr rundlicher oder etwas verlängerter, backofenartiger Form) oder Hornitos („kleine Öfen"), welche die gehobene Fläche gleichmäßig bedecken, sind im Mittel von 4 bis 9 Fuß Höhe. Sie sind fast allein an der westlichen Seite des großen Vulkans emporgestiegen, da ohnedies der östliche Teil kaum 1/25 des Areals der ganzen blasenförmigen Hebung ausmacht. Jeder der vielen Hornitos ist aus verwitterten Basaltkugeln zusammengesetzt, mit konzentrisch schalig abgesonderten Stücken; ich konnte oft 24 bis 28 solcher Schalen zählen. Die Kugeln sind etwas sphäroidisch abgeplattet und haben meist 15 bis 18 Zoll im Durchmesser, variieren aber auch von 1 bis 3 Fuß. Die schwarze Basaltmasse ist von heißen Dämpfen durchdrungen und erdig aufgelöst; doch der Kern ist dichter, während die Schalen, wenn man sie ablöst, gelbe Flecken oxidierten Eisens zeigen. Auch die weiche Lettenmasse, welche die Kugeln verbindet, ist, sonderbar genug, in gekrümmte Lamellen geteilt, die sich durch alle Zwischenräume der Kugeln durchwinden. Einige der Hornitos sind so aufgelöst oder haben so große innere Höhlungen, daß Maultiere, wenn man sie zwingt, die Vorderfüße auf die flacheren zu setzen, tief einsinken: wogegen bei ähnlichen Versuchen, die ich machte, die Hügel, welche die Termiten aufbauen, widerstanden.

In der Basaltmasse der Hornitos habe ich keine Schlacken oder Fragmente älterer durchbrochener Gebirgsarten, wie in den Laven des großen Jorullo, eingebacken gefunden. Was die Benennung Hornos oder Hornitos besonders rechtfertigt, ist der Umstand, daß in jedem derselben (ich rede von der Epoche, wo ich die Playas de Jorullo durchwanderte und mein Journal niederschrieb, 18. September 1803) die Rauchsäulen nicht aus dem Gipfel, sondern seitwärts ausbrechen. Im Jahre 1780 konnte man noch Cigarren

anzünden, wenn man sie, an einen Stab befestigt, 2 bis 3 Zoll tief eingrub; in einigen Gegenden war damals durch die Nähe der Hornitos die Luft so erhitzt, daß man Umwege machen mußte, um das Ziel, das man



Vulkan-Landschaft: Der Pik von Orizaba (Citlaltepetl) in Mexiko.
(Nach einem Ölbilde von Bn. Gros gezeichnet von E. Hildebrandt für Humboldts Atlas der „Kleineren Schriften“ Tafel IX.)

sich vorgesetzt, zu erreichen. Ich fand trotz der Erkaltung, welche nach dem allgemeinen Zeugnis der Indianer die Gegend seit 20 Jahren erlitten hatte, in den Spalten der Hornitos meist 93 und 95° C.; 20 Fuß von einigen Hügeln hatte die umgebende Luft, da, wo keine Dämpfe mich berührten,

noch eine Temperatur von 42°,5 und 46°,8. Die schwach schwefelsauren Dämpfe entfärbten reagierende Papierstreifen, und erhoben sich einige Stunden nach Sonnenaufgang sichtbar bis 60 Fuß Höhe. An einem frühen, kühlen Morgen ist der Anblick der Rauchsäulen am merkwürdigsten. Gegen Mittag, ja schon nach 11 Uhr, sind sie ganz erniedrigt und nur in der Nähe sichtbar. Im Inneren von mehreren der Hornitos hörten wir Geräusch wie Sturz von Wasser. Die kleinen basaltischen Backöfen sind, wie schon oben bemerkt worden ist, leicht zerstörbare Gebäude. Als Burkart, 24 Jahre nach mir, das Malpais besuchte, fand er keinen der Hornitos mehr rauchend; ihre Temperatur war bei den meisten die der umgebenden Luft, und viele hatten alle Regelmäßigkeit der Gestalt durch Regengüsse und meteorische Einflüsse verloren." So weit Humboldt.

Läßt diese ganze Entwickelungsgeschichte des Jorullo an Merkwürdigkeit gewiß nichts zu wünschen übrig, so sind doch Humboldts Schlüsse daraus zu Gunsten einer blasenförmigen Erhebung des Terrains in der Folge aufs energischste bestritten worden. Die Berichte der geflüchteten, nur aus der Ferne mangelhaft beobachtenden Eingeborenen erschienen den nächsten Geologen, die Gelegenheit hatten, das fragliche Terrain des Vulkans kritisch zu prüfen, beweislos gegenüber einer Reihe von Details der Mineralstruktur selbst, die alle auf eine regelrechte Aufschüttung infolge des Vulkanausbruchs, aber nicht eine vorherige Hebung von unten deuteten. Henri de Saussure faßt nach genauem Studium an Ort und Stelle sein Urteil in die Sätze zusammen: „Es unterliegt keinem Zweifel, daß keine Erhebung der Erdschichten in Blasenform stattfand, sondern nur ein gewöhnlicher vulkanischer Ausbruch an freier Luft. Auf einer von Nord nach Süd gerichteten Spalte hatten sich fünf Krater in einer Tiefebene oder vielmehr einem Thale geöffnet, und über jedem derselben hatte sich durch die beständigen Aschenausbrüche ein Auswurfskegel aufgeschüttet, während aus allen diesen Kratern, besonders aber aus dem mittleren, dem eigentlichen Jorullo, reichliche Ströme einer unvollständig geschmolzenen basaltischen Lava sich ergossen hatten. Diese Laven, die nicht weit strömten, häuften sich an, um eine hohe, gewölbte Plattform zu bilden — das ist das Malpais. — Der letzte Lavaausbruch geschah durch den eingestürzten Krater des Jorullo selbst und bildete durch seine Zähigkeit eine Art Vorgebirge, das sich noch an den Krater anlehnt, während sein Fuß mit den Laven des Malpais sich vermengt. Bedeutende Ausbrüche schwarzer Aschen gehören dieser letzten Periode an. Schlackenhügel, welche sich über den Fumarolen des Lavastromes erhoben, wurden mit einer zwei Fuß dicken Schicht dieser Trümmer überdeckt, die beim Erkalten eine sphäroidale Struktur annahmen: das sind die „hornitos", die Humboldt beschreibt."

Der Leser möge auch hier Theorie und Einwurf im Auge behalten: unsere Erörterung über die wahre Natur der Vulkanberge kann sich dann



Vulkan-Landschaft: Der Jorullo in Mexiko, 1759 entstanden.

Man beachte die vielen kleinen, 4–9' hohen Kegel im Vordergrunde, von den Eingeborenen hornitos (Öfen) genannt. (Vergl. Text S. 742) Das Bild giebt die erste und berühmteste Zeichnung des Vulkans treu wieder, die Alexander von Humboldt in seinem großen Bilderwerke „Vues des Cordillères" geliefert hat.

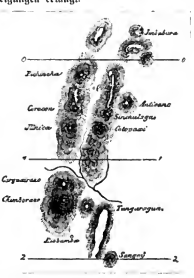
unten auf ein paar kurze Sätze beschränken. Mit dem Jorullo hat er das dritte und letzte Hauptexempel für diese ganze Streitfrage kennen gelernt — ein Exempel, das, wenn Saussure recht hat (und die Wahrscheinlichkeit spricht in solchen Fällen stets für den zweiten, neueren Beobachter), sich entschieden wieder gegen die Erhebungstheorie wendet, genau wie das des Monte Nuovo.

Recht zum Beweis, daß die amerikanische Hauptkette nicht wirklich in Mexiko ihre Richtung ändert, sondern daß es sich hier nur um eine Kreuzungslinie handelt, setzt die nach Süden weiter drängende Vulkanreihe noch in der Enge von Mittelamerika alsbald wieder ein. Vom Soconusco an der Grenze von Mexiko bis zum Chiriqui in Costa Rica ragen über 60 Kraterberge auf, durchweg nicht hoch, aber zum Teil von intensivster Thätigkeit. Der Conseguina in Nicaragua leistet in letzterm Punkt das Möglichste: bei seinem Ausbruch von 1835 bedeckte er in einer Entfernung von 1100 engl. Meilen noch das Meer mit einer 40 Meilen breiten Bimsteinschicht, die Asche häufte ganze Inseln auf und verbreiterte die Küste um 800 Fuß, und der Donner dröhnte bis nach Santa Fé de Bogota in Südamerika, das 391 deutsche Meilen entfernt liegt. Diese mittelamerikanischen Nord-Süd-Vulkane stehen nicht in der mitstreichenden eigentlichen Gebirgskette, sondern der Südsee zu im Flachland. In Costa Rica hört dann scheinbar die vulkanische Linie überhaupt auf. Erst ein ziemliches Stück weiter nach Südamerika hinein schiebt sich ein neues Glied heran. Diesmal wieder mitten im schneeigen Hochgebirge und, der etwas veränderten, der Westküste des Erdteils gemäß verschobenen Richtung dieses Hochgebirges entsprechend, mit einer sehr kräftigen Biegung fast mehr südwestwärts statt wie bisher südostwärts, im ganzen aber doch der Süd-linie treu.

Die südamerikanischen Vulkane bilden übrigens keine konstante Kette, sondern häufen sich innerhalb der großen Gebirgslinie wesentlich an drei Stellen an: in Ecuador, in Peru-Bolivia und in Chile. Sie liegen nicht nur, wie schon erwähnt, wieder recht eigentlich im Hochgebirge, sondern sie entfernen sich auch mit diesem relativ ziemlich weit von der Küste des Stillen Oceans, — bis zu einer mittleren Entfernung von 20 Meilen, also weiter, als der Großglockner vom Adriatischen Meer absteht. Es ist das eine Thatsache, die nicht übersehen werden darf, wenn man betont, daß thätige Vulkane nur unmittelbar am oder im Meere sich finden, — eine Erscheinung, die allerdings auf unsere Mittelmeerverhältnisse allenthalben paßt, während in Südamerika schon die Dinge so liegen, wie wenn Ätna, Vesuv und Stromboli hoch oben in Tirol dampften. Der gegenwärtig thätigste Vulkan Amerikas, der Sangai, liegt noch jenseits der Andeskette im Quellgebiet des Amazonenstroms, 28 Meilen vom Ocean, der Tolima sogar 30 Meilen.

Die Vulkangruppe von Ecuador, öfter noch die von Quito genannt, umschließt hauptsächlich als Doppelkette das Hochthal von Quito, das eine Länge von etwa 60 geographischen Meilen bei einer mittleren Breite von nur 5 hat. Auch hier umragen die Vulkankolosse ein altes, rätselvolles Kulturland, und die Reste der prachtvollen Kunststraßen aus der peruanischen Blütezeit ziehen sich noch heute über Gebirgspässe fast in der Höhe unseres Montblancgipfels. Die Vulkane selbst haben ihren Weltruf zuerst durch Humboldts kühne Besteigungen erlangt.

Da ist zunächst fast an der Nordecke der Tolima, dann der viergipfelige Pinchincha (14 940 Fuß), der Antisana (17 956 Fuß) und der Cotopaxi (17 712 Fuß). Bei der ungeheuren Höhe der Gipfelkrater wiederholt sich hier — besonders bei dem schönen Kegel des Cotopaxi — eine Erscheinung, die uns annähernd so schon in Island begegnet ist, bloß daß sie dort durch die so sehr viel tiefere Schneegrenze schon relativ niedrige Krater betraf: die Lava quillt über den Kraterrand, nicht sie aber wird der Tiefe verheerend (denn diese Andesvulkane erzeugen keine sehr starken Ströme, wohl eben wegen ihrer Höhe), sondern sie bringt nur durch ihre Glut die Schnee- und Eismassen des Alpengipfels zum jähen Schmelzen und erzeugt damit entsetzliche Fluten siedenden Wassers und (durch Aschebeimischung) heißen Schlammes, die als grausigste aller Sündfluten in die Ebene hinabbrausen.



Karte der Doppelkette von Vulkanen in den Anden bei Quito (Südamerika).

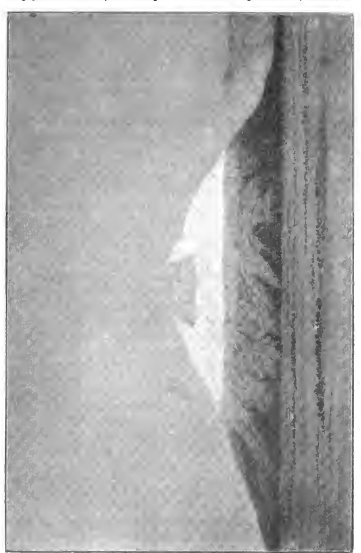
Im Gegensatz zu der dem Äquator parallelen Reihung in Mexiko (vergl. die Karte S. 735) sieht man hier deutlich die Linien der Krater dem Meridian folgen. (Nach Vogt, Handbuch der Geologie und Petrefaktenkunde.)

Zu den barocksten Gestalten der ganzen Gruppe gehört der Capac-Urcu, oder, wie er heute spanisch heißt, Cerro del Altar (16 380 Fuß). „Der unter den Eingeborenen seit Jahrhunderten verbreitete Glaube ist," sagt Humboldt (bei Erläuterung des auf S. 749 mitgeteilten trefflichen Bildes), „daß dieser wunderbar gestaltete Berg, dessen Pracht und Schneeglanz, wenn die Sonnenscheibe hinter dem Chimborazo untergeht, ich mit nichts vergleichen kann, was ich auf dem Andesrücken gesehen, einst weit



Vulkan-Landschaft: Der Vulkan Cotopari in Südamerika, 17712 Pariser Fuß über dem Meer.
(Von J. Stock gezeichnet nach einer Skizze von A. v. Humboldt im Atlas zu Humboldts „Kleineren Schriften“, Tafel VI.)

höher als der Chimborazo gewesen sei; daß seine Ausbrüche ununterbrochen sieben bis acht Jahre dauerten, bis der Gipfel gänzlich einstürzte und nur noch die krenelierten Kraterränder und zwei sehr gleichartige, gegeneinander anstrebende Hörner die vormalige Form ahnen lassen. Eine



Vulkan-Landschaft: Der eingestürzte Vulkan Capac-Urcu (Cerro del Altar) in Südamerika.
(16380 Pariser Fuß über dem Meer.)
(Von Schinkel nach einer Skizze von A. v. Humboldt gezeichnet im Atlas zu Humboldts „Kleineren Schriften", Tafel V.)

kleine, tafelartige Felsplatte, die sich, von Neu-Riobamba aus gesehen, am östlichen Kraterrande in der Mitte zwischen den eben genannten Hörnern erhebt, hat Veranlassung gegeben zu der spanischen Benennung des Altars. Die Epoche des Anfangs dieser Naturrevolution ist nicht mit Sicherheit zu bestimmen. Volkssagen in Licau nennen als solche die Regierung eines Purnay-Fürsten, des mächtigen Condhoeando, Huaynia-Abomata, 14 Jahre vor der Eroberung der Stadt Quito durch Huayna Capac, den Sohn des Inka Tupac Yupanqui. Da der peruanische Eroberer von Quito 1525, also 5 Jahre vor der Landung der Spanier an der Küste, starb, so würde der Einsturz des Capac-Urcu in die letzten Decennien des 15. Jahrhunderts fallen. Die ganze Hochebene, in welcher die Stadt Neu-Riobamba nach dem schrecklichen Erdbeben vom 4. Februar 1797 gegründet wurde, ist mit dem Bimsstein und der vulkanischen Asche des Capac-Urcu bedeckt und unfruchtbar geworden. Der Name Fürst der Berge — oder: der mächtige, prachtvolle, herrliche, große oder vorzüglichste Berg — scheint mit dieser Tradition von der einstmaligen Höhe des Berges (er müßte mehr als 3700 Fuß durch den Zusammensturz des Gipfels eingebüßt haben) im Zusammenhange zu stehen. Die Ausführung meiner Skizze des Vulkans Capac-Urcu verdanke ich meinem unvergeßlichen Freunde, dem großen, erfindungsreichen Meister in der Architektur: Schinkel. Es ist das letzte Bild, das er vor seinem frühen, bejammernswerten Tode entworfen hat."

Etwas aus der Reihe heraus drängt nach Osten der Sangai. Er ist der Stromboli der neuen Welt: seit anderthalb Jahrhunderten donnert und leuchtet er unausgesetzt. Wisse beobachtete 1849 267 Eruptionen pro Stunde, und das Getöse drang zu Anfang der vierziger Jahre bis in eine Ferne, die dem vollen Abstande etwa der Stadt Berlin von Basel entspricht. Eine isolierte Stellung als Typus nimmt in gewissem Sinne neben diesen wild-lebendigen Herden der vielgenannte Chimborazo, nahe dem Südende der westlichen Kette, ein: ein hoher Trachytdom (6310 m) ohne Krater und ohne sichtbare Lavaströme, ganz nach Art einiger Berge der Auvergne gebaut. Seinen Ruf verdankt er weniger dieser Struktur, die vielfach zu kühnen Hypothesen verleitet hat, ohne deshalb heute noch recht klar enträtselt zu sein, als vielmehr der noch von Humboldt bei seiner (mißglückten) Besteigung erträumten Herrscherstellung unter allen Bergen der Welt hinsichtlich seiner Höhe. Seit Humboldts Reise ist nicht nur der Himalaya als weit höher als die Kordillerenkette im ganzen nachgewiesen worden, sondern selbst innerhalb dieser Kette hat der Chimborazo seinen Rang als oberster Pik eingebüßt.

Nach 120 Meilen Vulkankette folgen jenseits des Sangai 200 Meilen Gebirge ohne vulkanische Durchbrüche. Dann in der Nähe des so hoch gelegenen Titikaka-Sees wieder 19 Krater, von denen der Misti bei Arequipa und der Gualatieri oder Sahama (20970 Fuß über dem



Vulkan-Landschaft: Der Chimborazo (20100 Pariser Fuß) und der Carguairazo (14700 Pariser Fuß) in Südamerika.
Gesehen über der Hochebene von Tapia (8600 Fuß).
Der Gipfel des Carguairazo ist in der Nacht vom 16. Juli 1698 während eines furchtbaren Erdbebens eingestürzt. Die untere Grenze des ewigen Schnees der beiden Berge bezeichnet etwa die Höhe des Montblanc.
(Gezeichnet von Eduard Hildebrandt nach einer Skizze von A. v. Humboldt im Atlas zu Humboldts „Kleineren Schriften“, Tafel IV.)

Meer, aber nur 4500, also wenig höher als der Vesuv über dem umliegenden Sandsteinplateau) erwähnt seien.

Nach abermals beinah 100 Meilen Pause erhebt sich endlich die Vulkanzone von Chile mit über 30 Kegeln zu den gewaltigsten, von Vulkanbergen der Erde überhaupt erreichten Höhen, — im Aconcagua 6970 m. Der Vulkan von Chillan warf im August 1861 einen Eruptionskegel dicht bei einem Gletscher auf, worauf der Gletscher zerschmelzend ins Thal stürzte: seltsamste Kontraste der Erde, deren gärendes Feuer sich statt in der warmen Tropenebene hoch im schneebedeckten Eisgebirge seinen Ausweg schafft.

Neueren Berichten nach brennt im südlichsten Patagonien noch ein thätiger Vulkan, und sicher ist, daß die ganze, dem Kap Horn zu sich in Fjorde zersetzende Südspitze des Riesenkontinents in nicht ferner Zeit durch und durch vulkanisch gewesen ist. Es ist in hohem Grade bemerkenswert, wie die vulkanische Thätigkeit überhaupt dem Südpol zu, wo immer seine Nähe sich zugänglich erwiesen, eine entschiedene Steigerung zeigt. Wir haben bei Jan Mayen schon gesehen, wie der Polarkreis im Norden keinerlei vulkanische Grenze zieht. Weiter hinauf allerdings bricht dort der Faden anscheinend ab. Nicht so am Südpol. Wo immer die große Eismauer, die ihn vorerst so unnahbar macht, wie die Rosenhecken des Märchens Dornröschens Bett, einen kleinen Durchblick gegönnt hat, traf man auf vulkanische Anzeichen. Im Viktoria-Land, unter 76° südlicher Breite, tauchten wie ein vages Zauberbild vor dem einzigen kühnen Besucher (Roß) 1841 zwei große Vulkankegel am Gletscherrande auf: Erebus und Terror; Erebus befand sich grade in intensiver Thätigkeit. Welche Geheimnisse auch für unser Gebiet mag diese südliche Eisbarriere noch hinter sich bergen!

Von den schneebedeckten Bergriesen der Cordillere führt unsere Betrachtung, immer westlich fortschreitend, hinaus auf den blauen Spiegel des Stillen Oceans. Nach den gewaltigsten Erhebungen fast der ganzen Erdrinde öffnet sich dem Blick jetzt ein riesiges Senkungsfeld, eine verschwindende Welt, deren höchste Spitzen nur noch als Inseln aus der Flut ragen, — sei es nun, weil die Erdkruste hier wirklich nach unten einsinkend das Land gleichsam verschlingt, sei es weil der Spiegel des Oceans sich in der Nähe des Äquators langsam, aber stetig erhöht und die tieferen Gelände mehr und mehr erobert. Die noch ragenden Inselspitzen umblüht vielfach eine milde Paradiesesvegetation, bewohnt von einem ebenfalls absterbenden, hochintelligenten Volke. Um den einsamen, palmengrünen Landrest aber schlingt sich in weitem Kreise meist das „Riff“, das Denkmal unablässig bauender Korallentiere, denen ihre Organisation vorschrieb, in einem gewissen

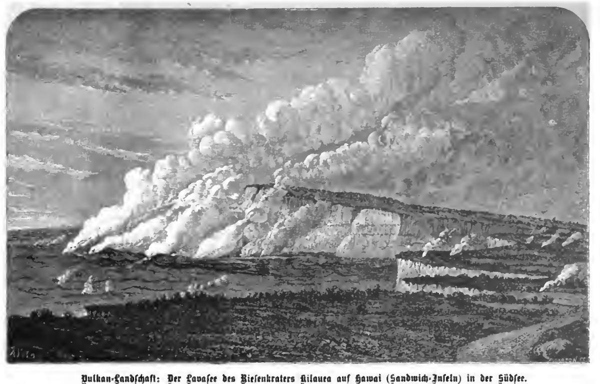


Vulkan-Landschaft. Ein deutscher Vulkan: der Vulkan der Blanche-Bai
im Bismarck-Archipel (Neu-Britannien, Südsee).

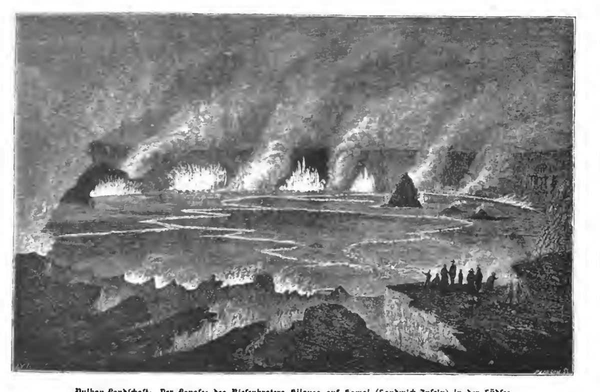
seichten Niveau sich zu halten, und die, durch beständiges Höherbauen mit dem Höhersteigen des Wassers, den Umriß des alten Landes oft seltsam getreu festgehalten haben.

Wirft man einen Blick auf die Vulkankarte, so zeigt sich die überraschende Thatsache, wie eigentlich die ganze *nördliche Hälfte dieses Stillen Oceans* buchstäblich *eingerahmt* ist mit einer *fortlaufenden Vulkankette*. Sie kommt von Südamerika herauf bis zum Elias-Berg nahe dem Polarkreis, dreht dann über Alaska und die Aleuten sich hinüber nach Kamtschatka, von wo sie durch Japan, die Philippinen und die Nordostecke von Neu-Guinea den Halbkreis ziemlich regelmäßig vollendet. Die Südseite des Kreises setzen von hier quer durch den Ocean in dem Raum zwischen dem Äquator und dem Wendekreis des Steinbocks die vulkanischen Inselgruppen der *Salomonsinseln*, *Neuen Hebriden*, *Fidschi-*, *Freundschafts-* und *Samoainseln*, *Gesellschaftsinseln* (*Tahiti*) und *Markesasinseln* ostwärts (wieder auf Südamerika zu) fort. Von den Markesas ab scheint sich der Ring etwas zu teilen: gegen die Vulkangruppe von Quito an genau unter dem Äquator ragen die *Galapagosinseln*, auf die Darwin allein über 2000 Krater rechnet, allerdings durchweg heute nicht mehr thätige; die andere Kurve biegt tiefer nach Chile zu herunter, sie umfaßt den einsamen, sonnenverbrannten Fels von *Salas y Gomez*,*)

*) „*Salas y Gomez*," berichtet *Adalbert von Chamisso* in seinen Reisenotizen, „ist eine bloße Klippe, die nackt und niedrig aus den Wellen hervortaucht; sie erhebt sich sattelförmig gegen beide Enden, wo die Gebirgsart



Vulkan-Landschaft: Der Lavasee des Riesenkraters Kilauea auf Hawai (Sandwich-Inseln) in der Südsee.
Bei Tage gezeichen. (Nach Mrs. Brassey, Voyage in the Sunbeam.)



Vulkan-Landschaft: Der Lavasee des Riesenkraters Kilauea auf Hawai (Sandwich-Inseln) in der Südsee.
Bei Nacht gesehen. (Nach Mrs. Brassey, Voyage in the Sunbeam.)

— die geheimnisvolle **Osterinsel**, deren gigantische Bildwerke (steinerne Köpfe) vage Kunde zu verraten scheinen aus einer Zeit, da sich hier vielleicht noch weites, dicht bevölkertes Land statt der Seefläche dehnte, — endlich die Insel **Juan Fernandez**, auch in ihrer Art berühmt als der reale Fleck Erde, an den sich geschichtlich die Erzählung von Robinson (Alexander Selkirk lebte als einsamer Schiffbrüchiger hier viele Jahre, bis ein Schiff ihn zufällig entdeckte) anknüpft; den Schluß macht ein **unterseeischer Vulkan** bei **Valparaiso**.

Ihrem Bau nach bieten alle diese Inselvulkane wenig Neues. Um so mehr gilt das aber von einer kleinen Gruppe, die fast genau im Centrum des großen amerikanisch-asiatisch-polynesischen Kreises liegt: den **Sandwichinseln**. Hier ist mitten im Meer die **kolossalste Vulkanentfaltung der ganzen Erde**. Das Bild des Kraters weitet sich zum Lavasee und fast ist es wirklich, als öffne sich da ein Ausblick auf den glutflüssigen Urzustand der Erde selbst. Die ganze Sandwichgruppe ist durch und durch vulkanisch. Die Hauptthätigkeit vereinigt sich aber für die Gegenwart auf **Hawai**, die Insel, die auch durch ihren günstigen Hafen (Honolulu) früh eine beliebte Schutzstätte der Seefahrer geworden ist, und von der aus heute noch die — allerdings jetzt so vielumstrittene — einheimische Regierung den Archipel beherrscht. Auf Hawai allein liegen vier große Vulkane auf einem Raum von nur 100 Meilen Länge und etwas weniger Breite: der **Mauna-Kea**, **Mauna-Wororai**, **Ponahohoa** und als wichtigster der **Mauna-Loa** (4139 m). Der Schneegipfel des Mauna-Loa ist nicht die eigentlich interessante Stelle: er birgt einen großen Krater mit beständiger Solfatarenthätigkeit, aber nur seltenen Ausbrüchen. Ein beträchtliches Stück am Berge abwärts aber, in der Höhe von 10000 Fuß etwa, gähnt ein zweiter Krater von ungeheuerlichsten Dimensionen, der sogenannte **Kilauea**. Unsere Bilder auf S. 754 und 755 geben eine bessere Vorstellung von der

an dem Tage liegt, indem die Mitte anscheinend mit Geschieben überstreut ist. Sie gehört nicht zu den Korallenriffen, die nur weiter im Westen vorzukommen beginnen. Vermuten lassen sich Zusammenhang und gleiche Natur mit dem hohen vulkanischen Lande der nahegelegenen Osterinsel. Noch sind keine Anfänge einer künftigen Vegetation darauf bemerkbar. Sie dient unzähligen Wasservögeln zum Aufenthalt, die solche kahle Felsen begrünten, obgleich unbewohnten Inseln vorzuziehen scheinen, da mit den Pflanzen sich die Insekten auch einstellen und die Ameisen, die besonders ihre Brut gefährden. Man soll bei Salas y Gomez Trümmer eines gescheiterten Schiffes wahrgenommen haben; wir späheten umsonst nach denselben. Man schaudert, sich den möglichen Fall vorzustellen, daß ein menschliches Wesen lebend darauf verschlagen werden konnte; denn die Eier der Wasservögel möchten sein verlassenes Dasein zwischen Meer und Himmel auf diesem kahlen sonnengebrannten Steingestell nur allzusehr zu verlängern hingereicht haben.“ — Wie bekannt, hat der heimgekehrte Naturforscher Chamisso als **Dichter** die kurze Tagebuchnotiz der letzten Worte zu einem unvergänglichen Meisterwerke der Kunst ausgestaltet.



Vulkan-Landschaft. Der größte Krater der Erde (gegenwärtig erloschen): Hal-a-ka-la (Haus der Sonne) auf der Insel Maui (Sandwich-Inseln) in der Südsee.
Der Krater hat 7–8 Meilen Umfang bei 848 m Tiefe. Aus dem Grunde erheben sich (links) 16 kleinere Krater von etwa 200 m Höhe.
(Nach einer Original-Photographie im Besitze der kgl. Bibliothek zu Berlin.)

dämonischen Pracht dieses wirklichen „Lavasees“, als es Worte selbst geübter Reiseschilderer vermöchten. Das ovale Becken des Kilauea ist 4500 m lang und 2250 m breit. Unter einem freien Rande von durchschnittlich 300 m Absturz erscheint der teils mit vergänglicher Kruste bedeckte, teils rotglühend emportobende Lavaspiegel. Unablässig wechselt er sein Niveau, wobei enorme Terrassen erstarrter Massen an den Wänden zurückbleiben. Gelegentlich öffnet der Boden eine Spalte und saugt die ganze Hölle ein, sie füllt sich aber allmählich wieder. Wirkliche Eruptionen bei Gelegenheit seitlicher Spaltenbrüche gehören bei der enormen Masse des gepreßten Lavamaterials naturgemäß zu den entsetzlichsten Erscheinungen, die alles sonst auf der Erde Bekannte (soweit wirkliche Lava in Betracht kommt) weit hinter sich lassen. 1840 brach ein Lavastrom vor von 60 km Länge und 50 km Breite, dessen Gesamtmasse der Geolog Dana auf $5^1/_2$ Milliarden kbm veranschlagt. Bei dem Ausbruch von 1866 spritzte die Lava aus einem neuen Kraterloch wie ein feuriger Springbrunnen von 100 Fuß Dicke und 1000 Fuß Höhe in die Lüfte, — der Feuerschein konnte 200 englische Meilen weit von der hohen See aus noch wahrgenommen werden.

Noch kolossalere Dimensionen als der Kilauea — und, was Öffnungsumfang anbetrifft, wirklich die größten der ganzen Erde — besitzt der Hale-a-ka-la auf der benachbarten kleinen Insel Maui, doch scheint die Thätigkeit gegenwärtig völlig erloschen und nur in der Sage der Eingeborenen (der Name bedeutet „Haus der Sonne“) lebt vielleicht eine Andeutung alter Thätigkeit. Der Krater mißt an Umfang 7 bis 8 Meilen, bei 848 m Tiefe. Unser Bild zeigt ihn nach einer vorzüglichen Originalphotographie.

Berücksichtigt man die Abschwenkung der Südkurve jenes erwähnten großen Vulkankreises, der den Nordteil des Stillen Oceans umschließt, — bedenkt man, wie tief die südamerikanischen Vulkane gegen den Pol herabsteigen, und nimmt man hinzu, daß an der Grenze des Polareises (in Alexander- und Viktorialand) Vulkane brennen, sowie daß in dem sonst anscheinend wenig vulkanischen Festlande von Australien grade an der Ostecke (Viktoria) zahlreiche Krater ragen: so möchte man fast sagen, die Südhälfte der Südsee sei abermals von einem Vulkanring umgürtet. Diesmal würde dann die Rolle der Sandwichinseln Neuseeland übernehmen, das allerdings lange nicht so genau in der Mitte liegt. Neuseeland ist ein Wunderland, einzig in seiner fast urweltlichen Tierwelt, einzig in den Kontrasten seiner gletscherumgürteten Alpenwelt, an deren Fuß zartwedelige Baumfarn sich wiegen, einzig in seiner Bevölkerung, deren Entwickelungslauf in wenigen Jahrhunderten ein wildes Drama dargeboten hat von emporbrängenden eigenen Kulturkeimen, aufgezwungener Barbarei und endlichem Zusammenbruch vor der wirklichen, europäischen Kultur. Und dabei brennt und siedet auch hier allenthalben der Boden in vulkanischem



Die ehemaligen Kieselsinter-Terrassen (Produkt heißer Quellen) von Rotomahana auf Neu-Seeland.

Im Juni 1886 ist diese wundervolle, auf der ganzen Erde einzig dastehende Formation durch einen Vulkanausbruch vollständig vernichtet worden. (Vergl. das Bild S. 781)

Drang. Vor allem ist es die Nordinsel, die seit den prächtigen Schilderungen des großen österreichischen Geologen Ferdinand von Hochstetter eine hohe Berühmtheit unter den Schaustücken des Vulkanismus erlangt hat. Neben echten Kratern dampfen hier heiße Quellen in beträchtlicher Zahl: die dritte große Geiserregion der Erde. Allerdings ist die Insel in neuerer Zeit um ihr gepriesenstes Wunder eben durch die vulkanische Thätigkeit selbst gekommen, die, neu losbrechend, ihr eigenes Werk schmählich zerschlagen sollte. Hören wir zunächst Hochstetter selbst darüber, der noch das volle Glück genoß, die unzerschmetterte Herrlichkeit zu bewundern.

Es handelt sich um den See Rotomahana und seine Umgebung. „Ich glaube nicht," erzählt der geistvolle Forscher, „daß der erste Eindruck, welchen der kleine, schmutzig grüne See mit seinen sumpfigen Ufern und den öde und traurig aussehenden baumlosen, nur mit Farngestrüpp bewachsenen Hügeln, die ihn umgeben, macht, irgend den Erwartungen eines Reisenden entspricht, der so viel von den Wundern dieses Sees gehört hat. Er entbehrt jeglicher landschaftlichen Schönheit, das, was ihn zu einem der merkwürdigsten aller Neuseelandseen, ja zu einem der merkwürdigsten Punkte der ganzen Welt macht, muß ganz aus der Nähe betrachtet werden und liegt für das Auge des Ankommenden zumeist versteckt. Nur die überall aufsteigenden Dampfwolken lassen ihn ahnen, das es hier wirklich etwas zu sehen giebt.

Wir ließen uns auf der Insel Puai, einer Felsklippe im See, nieder, wo für zeitweilige Besucher kleine Hütten errichtet sind. Ich glaube aber, wer nicht wüßte, daß hier schon andere vor ihm wochenlang gewohnt haben, der würde sich nach näherer Untersuchung des Platzes nur schwer entschließen, auch nur eine Nacht hier zuzubringen. Es ist kaum anders, als ob man in einem thätigen Krater wohnen würde; rings um sich hört man fortwährendes Sausen und Brausen, Zischen und Kochen, und der ganze Boden ist warm. In der ersten Nacht fuhr ich erschreckt auf, weil es in der Hütte auf dem Boden, wo ich lag, trotz einer dicken Unterlage von Farnkraut und trotz der wollenen Decken, die mein Lager bildeten, nach und nach von unten her so warm wurde, daß ich es nicht mehr ertragen konnte. Ich untersuchte die Temperatur, stieß mit dem Stocke ein Loch in den weichen Thonboden und steckte das Thermometer hinein; es stieg augenblicklich auf Siedehitze, und als ich es wieder herauszog, strömte heißer Wasserdampf zischend hervor, so daß ich das Loch eiligst wieder verstopfte. In der That ist die Insel nichts anderes als ein zerrissener, zerklüfteter und durch heiße Dämpfe und Gase zersetzter lockerer Fels, der, förmlich weich gekocht, in dem warmen See zu zerfallen droht. Ringsum sprudelt teils über, teils unter dem Wasserspiegel heißes Wasser hervor, und an unzähligen Stellen strömt heißer Wasserdampf aus, den wir nach Anleitung der Eingeborenen zum Kochen gebrauchten. Wo man nur ein wenig in die Erde grub oder die vorhandenen Felsspalten von den Krusten reinigte, die



Natürliche Badewannen auf Neu-Seeland, gebildet durch die Kieselniederschläge heißer Quellen.

sich darin gebildet hatten, da war der Ofen fertig, auf dem man über ausgebreiteten Farnkräutern die Kartoffeln und das Fleisch in Dampf kochen konnte.

Der Rotomahana ist einer der kleinsten Seen der Seegegend; den Namen „warmer See“ führt er mit vollem Rechte, die Menge kochend heißen Wassers, welche an den Ufern und auf dem Boden des Sees dem Boden entströmt, ist kolossal, und natürlich wird der See davon ganz erwärmt. Versucht man es, die Temperatur zu bestimmen, so findet man, daß diese an verschiedenen Punkten sehr verschieden ist, wo aufsteigende Gasblasen andeuten, daß an dem Boden des Sees eine warme Quelle entspringt, wird man das Thermometer oft auf 30—40° C. steigen sehen, in der Nähe der Einmündung einiger kalter Bäche findet man nur 15—20° C., als mittlere Temperatur kann man 26° betrachten. Wenn man badet und ein Stück weit durch den See schwimmt, so fühlt man recht gut den fortwährenden Wechsel der Temperatur, muß sich aber dabei wohl in Acht nehmen, damit man heißen Quellen nicht allzu nahe kommt.

Das hauptsächlichste Interesse knüpft sich an das östliche Ufer; da liegen die bedeutendsten Quellen, welchen der See seinen Ruf verdankt, und die zum Großartigsten gehören, was man überhaupt an heißen Quellen kennt. Obenan steht Tetarata (der Tätowierte) am nordöstlichen Ende des Sees; dieser gewaltige kochende Sprudel mit seinen weit in den See hineinreichenden Sinterterrassen ist das wunderbarste unter den Wundern des Rotomahana. Etwa 80 Fuß hoch über dem See, an einem farnbewachsenen Hügelabhange, von welchem an zahlreichen durch Eisenoxyd geröteten Stellen Wasserdämpfe entweichen, liegt in einem kraterförmigen, nach der Seeseite gegen Westen offenen Kessel mit steilen, 30—40 Fuß hohen, rot zersetzten thonigen Wänden das große Hauptbassin des Sprudels. Es ist 80 Fuß lang und 60 Fuß breit und bis an den Rand gefüllt mit vollkommen klarem, durchsichtigem Wasser, das in dem schneeweiß übersinterten Becken wunderschön blau erscheint, türkisblau oder wie das Blau mancher Edelopale. Am Rande fand ich eine Temperatur von 83° C., in der Mitte aber, wo das Wasser fortwährend mehrere Fuß hoch aufwallt, wird es Siedehitze haben. Ungeheure Dampfwolken, die das schöne Blau des Beckens reflektieren, wirbeln auf und verhindern meist den Anblick der ganzen Wasserfläche; aber das Geräusch des Aufwallens und Siedens kann man stets deutlich vernehmen. Akutina, der Eingeborne, der mir als Führer diente, sagte aus, daß bisweilen plötzlich die ganze Wassermasse mit ungeheurer Gewalt ausgeworfen werde und daß man dann gegen 30 Fuß tief in das leere Bassin blicken könne welches sich aber sehr schnell wieder fülle. Die Bestätigung dieser Angabe wäre von großem Interesse; wenn dem so ist, so ist die Tetarata-Quelle ein in langen Perioden spielender Geiser, dessen Eruptionen an Großartigkeit vielleicht den berühmten Ausbrüchen des großen Geisers

auf Island gleichkommen. Das Tetaratabecken ist größer als das Geiserbecken, die ausgeworfene Wassermasse muß daher eine ungeheure sein.

Das Wasser besitzt in hohem Maße die Eigenschaft zu versteinern oder, richtiger gesagt, zu übersintern und zu inkrustieren; der Absatz ist, wie bei den isländischen Quellen, Kieselsinter, und der Abfluß des Sprudels hat daraus am Abhange des Hügels ein System von Terrassen gebildet, die, weiß wie aus Marmor gehauen, einen Anblick gewähren, den keine Beschreibung wiederzugeben vermag. Es ist als ob ein über Stufen stürzender Wasserfall plötzlich in Stein verwandelt worden wäre. Man muß diese Treppen hinaufgestiegen sein und die Einzelheiten der Struktur beobachtet haben, um den vollen Eindruck von dem wunderbaren Baue zu erhalten. Der weit ausgebreitete Fuß reicht nicht weit in den Rotomahana hinein; darauf beginnen die Terrassen mit niederen Absätzen, welche seichte Wasserbecken tragen; je weiter nach oben, desto höher werden die Terrassen, 2, 3, manche auch 4—6 Fuß hoch. Sie sind von einer Anzahl halbrunder Stufen oder Becken gebildet, von welchen sich jedoch nicht zwei in ganz



Querschnitt durch die Kieselsinter-Terrassen (Produkt heißer Quellen) von Rotomahana.
a Hauptbassin. *b* Terrassenbassins. *c* See. *d* Kieselsinter. *e* Rhyolithgestein.

gleicher Höhe finden. Jede dieser Stufen hat einen kleinen, erhabenen Rand, von welchem zarte Tropfsteinbildungen auf die tiefere Stufe herabhängen, und eine bald breitere, bald schmälere Plattform, die ein oder mehrere im schönsten Blau schillernde Wasserbecken umschließt. Sie bilden ebenso viele natürliche Badebassins, die der raffinierteste Luxus nicht prächtiger und bequemer hätte herstellen können. Man kann sich die Bassins seicht oder tief, groß oder klein auswählen, wie man will, und von jeder beliebigen Temperatur, da diejenigen auf den höhern, dem Hauptbassin näher gelegenen Stufen wärmeres Wasser enthalten als die auf den tieferen Stufen. Einige der Becken sind so groß und tief, daß man bequem darin umherschwimmen kann. Indem man die Stufen hinaufsteigt muß man in dem lauwarmen Wasser waten, — das neben den tieferen Becken auf den Plattformen der Stufen sich ausbreitet, aber selten über die Knöchel reicht. Man darf sich keine dampfenden Kaskaden von Stufe zu Stufe denken; nur ausnahmsweise bei heftigen Wassereruptionen aus dem Hauptbassin mag das der Fall sein, für gewöhnlich rieselt wenig Wasser über die Terrassen, und nur der Hauptabfluß an der Südseite bildet einen heißen Bach mit dampfenden Wasserfällen. Hat man die höchste Terrasse



Vulkan-Landschaft: Der Krater des Teravera-Berges auf Neu-Seeland.

Er bildete sich in der Nacht vom 10. zum 11. Juni 1886, wobei die auf S. 770 dargestellten, viel bewunderten Kieselsinter-Terrassen von Rotomahana vollständig zerstört wurden.

erreicht, so befindet man sich auf einer breiten Plattform, in die mehrere 6—7 Fuß tiefe Badebassins eingesenkt sind, deren Wasser eine Temperatur von 30—50° C. hat. In der Mitte dieser Plattform erhebt sich inselartig, dicht am Rande des Hauptbeckens, ungefähr 12 Fuß hoch eine mit Gebüsch, mit Moosen, Lykopodien und Farnen überwachsene Felsinsel, die man ohne Gefahr betreten kann, und von der man in den blauen, kochenden und dampfenden Kessel hinabblickt. Das reine Weiß der Sinterbildungen im Gegensatze zum Blau des Wassers, zum Grün der umgebenden



Vulkan-Landschaft: Der Korjaka-Vulkan auf Kamtschatka.

Vegetation und dem intensiven Rot der nackten Erdwände des Wasserkraters, alles das zusammen giebt ein Bild, das einzig in seiner Art ist."

So weit Hochstetter. Seitdem ist alle diese Pracht ein Raub verheerender Revolution geworden. Im Juni 1886 brach durch die Farnwand des Taraveraberges am Rotomahana ein Krater durch, und der See selbst verwandelte sich binnen kurzem in einen riesigen Hexenkessel intensivster vulkanischer Thätigkeit. Besucher, die sich, als die heftigsten Explosionen der Katastrophe vorüber, an seinen Rand wagten, erblickten tief im trockenen Bett eine Masse qualmender Kegel und Geiser. Das ganze Südufer mit den rosenroten Terrassen war in die Luft gesprengt, und ein ähnliches Schicksal hatte die weißen Terrassen des Westrandes

ereilt. Wo ihre herrlichen Farbenwunder einst den Besucher entzückt, gähnten jetzt tiefe Schlünde und zischten übelriechende Fumarolen. So war im Sturm weniger Stunden eine Arbeit langer Jahrhunderte spurlos weggefegt, von derselben Kraft zermalmt, die sie einst gebaut hatte: der aufsteigenden Wärme tieferer Erdschichten.

Die amerikanische Vulkankette am Ostrande des Stillen Oceans lief, wie wir gesehen haben, durchweg und vielfach selbst auf Kosten der Annäherung an diesen Ocean, hoch über die gewaltigsten Gebirgsjoche des Festlandes. Umgekehrt zeigt der asiatische Vulkankranz an der Westseite des Meeres eine unausgesetzte Tendenz, auf der dem Lande mehr oder minder parallelen Inselkette zu verharren. Das beginnt schon hoch im Norden, wo die Anknüpfung der nordamerikanischen mit der nordasiatischen Reihe nicht unter dem Polarkreis erfolgt (wo in der Behringsstraße der eine Kontinent fast den anderen berührt), sondern durch die in schönem Bogen ausgeschweifte Inselkette der Aleuten von Alaska nach der Halbinsel Kamtschatka geht. In Kamtschatka ist dann allerdings die asiatische Feste vorübergehend selbst Station. Hier ragt der gewaltige Kliutschewskaja Sopka, der 4886 m (Höhe des Montblanc) unmittelbar vom Meeresspiegel aufsteigt, also in gewissem Sinne alle jene amerikanischen Riesen übertrifft, die ihre Aschenkegel durchweg erst wie Maulwurfshaufen auf ohnehin hoher Gebirgsmasse aufgeschüttet haben. Auch der abgebildete Korjaka (S. 765) erhebt sich zu 3420 m. Gegenwärtig stehen im ganzen 21 Gipfel in Arbeit, zu denen eine Masse unthätiger kommen. Anstatt aber jetzt nach Sibirien und dem Eismeer parallel zu wandern oder südwestwärts nach China hinabzusteigen, geht die Kette über die Kurilen-Inseln weiter nach dem Inselreiche Japan. Nur ein isoliertes Vulkangebiet, das wohl kaum mit der großen Linie etwas zu thun hat, liegt weit versprengt in der Mandschurei nahe dem Flusse Sungari, der zum Amur und mit ihm zum Eismeer strömt. Japan dagegen ist von Kratern durchlöchert wie ein Sieb. Schon auf den bemalten Theebrettern und Tassen seiner kunstgewandten Bevölkerung pflegt ein stumpfer, schneebedeckter Vulkankegel gleichsam als landschaftliches Symbol zu erscheinen: der Fusi-no-yama (3757 m) südwestlich von Jeddo. Von der 17köpfigen Reihe dieser japanischen Krater, deren Anordnung im einzelnen übrigens eine höchst verwickelte ist, gehen unverkennbar zwei Linien aus. Die eine lenkt von der Gegend jenes Fusi-no-yama ab quer in den Ocean hinein nach den Boninінseln und weiter den Ladronen, gewissermaßen eine kürzere Verbindung schaffend für den Westring, der mit dem Bismarck-Archipel und der Ecke Neu-Guineas abschließt. Die andere, direkte Südwestverlängerung der japanischen Linie folgt dem Inselbogen der Liukiu,

streift bei Corea noch einmal das ins Meer vorspringende Festland, geht quer durch Formosa und die Philippinen und zerspaltet sich dann bei den Sundainseln in einer zunächst ziemlich unregelmäßigen Weise. Die Nordecke von Borneo trägt einen Krater, elf durchsetzen das nördliche, seltsam gewundene Horn von Celebes. Dann, vor Timor, tritt der Fall ein, den wir in Mexiko erlebt haben. Zu der nordsüdlichen Kette stellt sich nahezu genau senkrecht eine ostwestliche, — sie steigt durch Java, Sumatra und die Andamanen bis zum Festland von Hinter-Indien in seiner westlichsten Ecke, mit zunehmender Krümmung, hinauf.



Vulkan-Landschaft: Der Fusi-no-yama auf Nipon (Japan).
3757 m hoch.
Der berühmteste Ausbruch erfolgte 1707. Auf den Kraterwänden liegt Schnee.

In dieser Gegend müssen wir noch einmal Halt machen, um kurz vor Beschluß unserer Wanderung noch einige der gewaltigsten vulkanischen Katastrophen uns zu vergegenwärtigen, die je auf Erden, soweit Menschenkenntnis reicht, stattgefunden haben. Es ist der Gipfel vulkanischer Leistungsfähigkeit, was uns in unanzweifelbaren Berichten hier entgegentreten wird. Die Höhe der amerikanischen Gipfel, die riesige räumliche Ausdehnung des Lavasees von Hawai treten weit in den Hintergrund gegen die kolossale Bethätigung der vulkanischen Explosionskraft selbst, der wir uns jetzt nähern.

Die Insel Java ist noch nicht 150 Meilen lang, — auf diesen 150 Meilen aber stehen über hundert Vulkane. Zum Glück sind wir



Vulkan-Landschaft: Der Gipfel des Vulkans Gunung-Merapi auf Java.

(Nach Junghuhns großem Prachtwerk „Java“ [Atlas].) Der Vulkan hatte in unserem Jahrhundert zahlreiche Eruptionen, die letzte im April 1872.

durch die rastlose Thätigkeit des großen holländischen Forschers Junghuhn über die Natur grade dieser eminent vulkanistischen Erdecke ziemlich genau unterrichtet. Und Junghuhn hat denn auch die klassische Schilderung der gewaltigen Ausbrüche des Gunung Gelungung auf Java und des Temboro auf dem nahen Sumbava in den Jahren 1822 und 1815 geliefert, die im folgenden (in einer etwas verkürzten Form) wiedergegeben seien, ein einzigartiges Dokument zur Naturgeschichte des Vulkanismus. Vom Gunung Gelungung hören wir da zuerst.

„Der Berg steht in einem früher reich bebauten und bevölkerten Lande, in einer fruchtbaren Ebene, weit und breit mit Reisfeldern bedeckt, zwischen denen Hunderte kleiner Dörfer, von Kokospalmen umgeben, zerstreut lagen. Der 8. Oktober war ein sehr heißer Tag, die ganze Bevölkerung lag um Mittag im Schlafe, als um 1 Uhr ein donnerndes, brüllendes Geräusch ertönte und die Erde heftig bebte. Die Einwohner flohen aus ihren Häusern, und Schrecken bemächtigte sich ihrer, als sie bemerkten, daß aus dem Krater des Gelungung eine schwarze Rauchsäule von ungeheurem Umfange hervorschoß, die sich mit Blitzesschnelle ausbreitete, den ganzen Himmel überzog, und im Nu den noch eben hell glänzenden Sonnenschein in tiefste Nacht verwandelte. Die Menschen flohen verwirrt und unsicher durcheinander; wenige Sekunden später, und ein paar Tausend von ihnen waren begraben. Sie wurden teils bedeckt vom Schlamme, der, vom Krater ausgeschleudert, in ungeheuren Massen aus der Luft herabfiel, teils kamen sie in den Fluten von heißem Wasser um, das, mit Schlamm und Steintrümmern gemengt, dem Krater in ungeheuerer Menge entquoll und 2½ Meilen im Umkreise alles überströmte, alle Dörfer, Felder und Wälder vernichtete und in einen dampfenden Pfuhl von bläulichgrauer Farbe verwandelte, der mit Kadavern von Menschen und Tieren, mit Häusertrümmern und zerbrochenen Baumstämmen übersäet war. Wild brachen durch diese Schlamm- und Trümmermassen die Bäche Tschikunir und Tschiwulan hindurch; sie waren zu tobenden Fluten angeschwollen, die alles auf ihrer Bahn zerstörten, alle Brücken wegrissen, und weite Überschwemmungen verursachten, in denen noch eine Menge armer Flüchtlinge, die sich schon gerettet glaubten, das Leben verloren. Mit Menschen- und Tierleichen aller Art beladen wälzten sie ihr schlammiges, kochendes Wasser der Südküste zu, deren Bewohner die Flucht zu den nächsten Hügeln ergriffen. Nach drei Stunden, um 4 Uhr nachmittags, ließ die Heftigkeit des Ausbruches nach, um 5 Uhr war alles vorüber; zahlreiche Dörfer samt ihren Bewohnern lagen unter vulkanischem Schlamme und Steintrümmern begraben, so daß man keine Spur mehr von ihnen sah und das Terrain südöstlich vom Berge durch Auswurfsmassen 30—40 Fuß hoch erhöht war. Der schönste Abend beleuchtete dieses Schauspiel.

Doch noch hatte der Vulkan seine Wut nicht ganz entladen, und ein zweiter Ausbruch, noch zerstörender in seinen Wirkungen als der erste und schrecklicher, da er mitten in der Nacht stattfand, trat vier Tage später ein und bedrohte das Land mit vollständiger Vernichtung. Um 7 Uhr abends, am 12. Oktober, fing der Gelungung unter heftigen Erderschütterungen wieder an zu brüllen und ungeheuere Massen von heißem Schlamme und Wasser auszuspeien, die alles, was beim vorigen Ausbruche unversehrt geblieben war, mit ihren Fluten überströmten und das bereits erhöhte Terrain noch höher auftürmten. Geängstigt flohen die Einwohner, die sich plötzlich rings von den Fluten umtobt sahen, auf einige kleine Hügel, die sich in der Nähe ihrer Dörfer 60—100 Fuß hoch erhoben, auf denen sich unter duftenden Kambodschabäumen die wohlunterhaltenen heiligen Gräber ihrer Eltern und Voreltern befanden. Dort hofften sie der Vernichtung zu entgehen, ohne zu bedenken, daß die Hügel, auf denen sie standen, ebenfalls vulkanische Auswurfsmassen seien, aufgetürmt vielleicht auf den Gräbern eines noch älteren Geschlechtes. Immer furchtbarer wälzten sich die dampfend heißen Schlammmassen heran; laut krachend brachen sich die mitgerissenen Felsentrümmer und Baumstämme am Abhange der Hügel, immer höher stiegen die Fluten, enger wurde der Raum auf dem viele Hunderte unglücklicher Menschen die Hände zum Himmel erhoben. Bald schwoll der Schlamm bis zu den Gräbern selbst empor, einige Hügel wurden überschüttet, andere brachen zusammen unter dem Drucke des nachströmenden Schlammes, über 2000 Menschen kamen so in einer Nacht um.

Neue Hügel waren entstanden, ein ganz neues Terrain war gebildet worden, aus dessen Oberfläche nur hie und da der Gipfel einer stehen gebliebenen Kokospalme hervorragte. Der frühere Boden war um 40—50 Fuß tiefer, und die wenigen Eingeborenen, die sich aus der Katastrophe dieser Nacht gerettet hatten, wußten die Stelle ihrer untergegangenen Dörfer nicht mehr zu erkennen. Einen Monat später war es wegen Schlammmassen, Aschenhaufen und Steintrümmern noch nicht möglich, sich dem Berge zu nahen. Alle Vegetation war nicht nur in der Kraterspatte und auf den benachbarten Abhängen der Bergkette, sondern auch in dem Flachlande 10—15 Paals weit in der Runde bis auf den letzten Grashalm vernichtet. Alles war von frischem Schlamme überströmt, schwarz und öde."

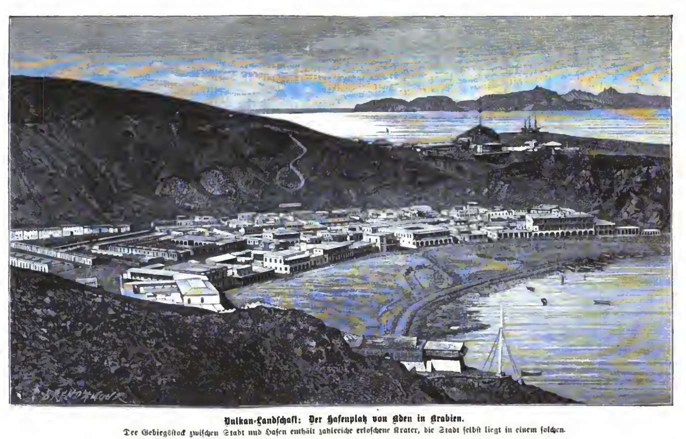
Der ungeheuerliche Schlammerguß hat Junghuhn zu der wohl unanzweifelbaren Annahme geführt, daß der Krater des lange erloschenen Gunung Gelungung einen großen See beherbergt habe, dessen Wasser sich, als der Ausbruch erfolgte, mit der vulkanischen Asche zu zähem Brei vereinigte. Die Explosion des Temboro von 1815 war noch viel grausiger in ihren unvorhergesehenen Wirkungen. „Unter allen Vulkanen der ganzen Erde ist keiner, der einen so großen und schrecklichen Ausbruch gehabt wie dieser,



Vulkan-Landschaft: Die Insel St. Paul im Indischen Ocean.
Der große Krater links ist erloschen und durch Einbrechen des Meeres in ein gewaltiges rundes Seebecken verwandelt.
(Vergl. Text S. 791.)

der im Jahre 1815 den ganzen indischen Archipel erschütterte, einen großen Teil desselben mit Asche bedeckte und dessen furchtbarer Donner auf 260 Meilen in der Runde gehört wurde; dieser Berg steht, soviel mir bekannt ist, ganz isoliert, ohne mit irgend einem anderen verbunden zu sein, an der Nordküste der Insel Sumbawa. Es wird berichtet, daß durch den Ausbruch im Jahre 1815 der ganze Gipfel des Berges zertrümmert und viel niedriger geworden ist.

Am 5. April begann der Ausbruch mit Explosionen, welche in Pausen von je einer Viertelstunde wiederkehrten; am 10. April erreichte er seinen Höhepunkt: eine gewaltige Rauchsäule stieg aus dem Krater auf, und der ganze Berg war wie mit einem Feuerstrome (glühende Lavatrümmer?) bedeckt, doch hüllte er sich bald wieder in dunkle Rauch- und Aschenwolken. Die Detonationen waren so heftig, daß auf Sumbawa selbst die Mauern der Häuser sprangen, daß in Makassar, in 52 Meilen gradliniger Entfernung, der englische Kreuzer „Benares“ mit Truppen zur Rekognoszierung ausgeschickt wurde, weil man die Schläge für schweres Geschützfeuer hielt, . . . ja, daß sie zu Mokomoko an der Südwestküste von Sumatra, in 260 Meilen Entfernung, wie Kanonendonner gehört wurden. Der Detonationskreis rings um den Gunung Temboro umfaßte ganz Java, Celebes, Ternate, alle ostjavanischen und molukkischen Inseln bis Neu-Guinea, den größten Teil von Sumatra nebst dem nordwestlichen Teile von Australien; die vulkanische Kanonade war gleichzeitig hörbar und die Erschütterungen wurden gefühlt auf einem Raume von 450 Meilen größter Ausdehnung von Osten nach Westen und nicht viel weniger von Norden nach Süden, also so weit wie von Suez nach Petersburg oder vom Vesuv bis zum Nordkap. Die Detonationen fuhren mit den begleitenden Erdbeben tagelang fort, den größten Teil des Archipels zu erschüttern; auch das Meer wurde bewegt; in der Bucht von Bima erhob es sich am 10. April vormittags bei vollständiger Windstille zu einer ungeheuren Woge; es stieg 12 Fuß höher als zur Zeit der höchsten Springflut; zwar dauerte die Flut nur drei Minuten lang, aber sie spülte Häuser und Bäume weg und warf große Fahrzeuge weit auf das Land, wobei auch ein früher versunkenes Schiff des Königs trocken wieder aufs Land gesetzt wurde. Durch die übermäßige Erhitzung einzelner Lufträume durch die geschmolzene Lava und die Glut in dem Krater wurde auch das Gleichgewicht der Atmosphäre gestört, und an demselben verhängnisvollen Tage, an welchem die unterirdischen Detonationen ihr Maximum erreicht zu haben schienen, erhob sich vormittags um 9 Uhr im östlichen Teile des Reiches Sangar, das an Temboro grenzt, ein Wirbelsturm, der ganze Dörfer und Wälder umblies, die stärksten Bäume entwurzelte, Häuser, Menschen, Vieh, kurz alles, was er antraf, emporhob und wie Strohhalme in der Luft herumwirbelte. Er wütete eine Stunde lang, dann ließ er viele von den emporgehobenen Gegenständen ins Meer



Vulkan-Landschaft: Der Hafenplatz von Aden in Arabien.

Der Gebirgsstock zwischen Stadt und Hafen enthält zahlreiche erloschene Krater, die Stadt selbst liegt in einem solchen.

fallen, in dem man noch Monate, sogar Jahre später eine Menge Baumstämme umhertreiben sah.

Diese Erscheinungen waren die Begleiter des Emporquellens von vielleicht geschmolzenen, jedenfalls aber glühenden Auswurfsstoffen, die vorherrschend aus bimssteinartigen Lavaschlacken, Bimsstein und aus einer sehr feinen, grauen, lockeren, aber schweren Asche bestanden; ob Lava ausgeworfen wurde, läßt sich nicht mit Bestimmtheit ermitteln. Das ganze Meer rings um Sumbawa bis in die Bucht von Bima, besonders aber westwärts vom Vulkane, war mit Bimsstein bedeckt, der, mit Baumstämmen untermengt, als eine 2 Fuß dicke Schicht auf dem Wasser schwamm, so daß die Schiffe sich nur mit Mühe durchzwängen konnten. Außer Bimsstein war es Asche, die der Vulkan ausspie und die den größten Teil von Sumbawa, namentlich die dem Vulkan zunächst liegenden Reiche Temboro, Pekat, Sangar und einen großen Teil von Dompo und Bima viele Fuß hoch überschüttete, dermaßen, daß 15 Meilen östlich die Wohnung des Residenten und andere Häuser zu Bima unter der Last zusammenbrachen, daß die Zerstörung dieser vorher blühenden Reiche vollendet und eine grüne, fruchtbare Landschaft in eine graue, einförmige, tote Wüste verwandelt wurde; auf Sumbawa allein kamen 12000 Menschen ums Leben.

Die Asche stieg in so ungeheurer Menge in die höchsten Luftregionen, daß auf der in ihrer Mitte 22 Meilen von Temboro entfernten Insel Lombok noch eine 2 Fuß dicke Schicht niederfiel, daß teils unmittelbar infolgedessen, teils an der dadurch entstandenen Hungersnot auf dieser Insel 44000 Menschen zu Grunde gingen. Zu Bomjuwangi, in 52 Meilen Entfernung, lag sie noch acht Zoll dick, und hier, wie in dem 80 Meilen vom Vulkane entfernten Gresik wurde die Sonne drei Tage lang verdunkelt, und es herrschte eine Finsternis, stärker als in sternloser Nacht; erst am 14. April nachmittags ging die Sonne für Bomjuwangi wieder auf. Ja, selbst zu Solo und Dschogdschokerta, 112 Meilen vom Mittelpunkte, wurde der helle Tag zur tiefsten Nacht, und zu Tscheribon, 140 Meilen entfernt, war die Sonne von düsterem Rauche verhüllt; die Asche flog bis Batavia und Benkulen und bis Makassar auf Celebes. Es wurde ein Raum der Erdoberfläche verfinstert, größer als ganz Deutschland, und die Asche flog so weit, wie vom Vesuv bis an die Ostsee nach Königsberg. Durch diese Vorgänge war das Meer meilenweit mit Bimsstein bedeckt, das Land mit Bimsstein und Asche überschüttet, die Menschensitze fast ganz zerstört; was Leben hatte und nicht in der Eruption umgekommen war, das ging nun durch Hunger und Seuchen zu Grunde. Sogar die Tochter des Königs von Sangar starb durch Hunger; vom Reiche Dompo blieben nur 40, von den Königreichen Pekal und Temboro nur 3, von den Bewohnern der Stadt Sumbawa nur 26 am Leben; von den meisten Inseln auf der einen Seite bis Java, auf der anderen bis Timor fehlen alle Nachrichten, weil

sie nicht von Europäern bewohnt sind, man kann aber die Verluste einigermaßen schätzen, wenn man hört, daß außer den 12 000 Menschen des schlecht bevölkerten Sumbawa allein auf Lombok mit seiner dichteren Bevölkerung 44 000 Menschen zu Grunde gingen."

Als Junghuhn diesen Bericht niederschrieb, schien mit ihm das Äußerste gegeben, was die Feuer der Tiefe losbrechend der Erdoberfläche anthun konnten. Die Folgezeit hat bewiesen, daß die Kraft noch immer unterschätzt war. Erst seit einem Jahrzehnt wissen wir, daß auf der scheinbar starren Erde noch vulkanische Katastrophen möglich sind, die, obwohl lokal in ihrem Ausgangspunkt beschränkt, doch unter Umständen den ganzen Ball in Mitleidenschaft ziehen können. Der große Lehrmeister war ein bis dahin kaum beachteter Krater an der Sundastraße, der Krakatau. Unsere nachfolgende Schilderung ist von R. Beck auf Grund der von der niederländischen Regierung angestellten und von Verbeek in einem umfangreichen Werke gesammelten Erhebungen entworfen worden und giebt alle Hauptmomente des Ereignisses selbst vortrefflich wieder.

„Verlängert man die Linien der langen Vulkanreihen von Sumatra und Java, so bezeichnet der Schnittpunkt derselben die Lage der Insel Krakatau im Eingang zur Sundastraße. Auch eine dritte Linie, auf welcher die vulkanischen Inseln Poeloe Tioja, Seboekoe und Sebesi liegen, schneidet in ihrer südlichen Verlängerung die Insel Krakatau. Somit ist die Lage dieses Punktes, wo drei vulkanische Spalten der Erdkruste sich vereinen, von vornherein bedeutungsvoll. Dennoch hatte die Insel in historischer Zeit bisher nur einmal, 1680, eine unbedeutende Eruption erlebt. Man beachtete deshalb kaum noch diesen scheinbar erloschenen Vulkan, der ohnedies gegenüber den mächtigen Feuerbergen der nahen Küsten nur ein Zwerg war. Vor Ablauf der Ereignisse, welche nach dieser langen Ruhe und so unvorhergesehen um so erschütternder wirkten, war der Zustand der Insel Krakatau der folgende.

Krakatau war die weitaus größte einer aus vier Inseln bestehenden Gruppe. Auf dem 33 qkm großen, von üppigen Wäldern bedeckten Eiland, welches nur vorübergehend von Fischern besucht wurde, konnte man drei Berggruppen unterscheiden. Alle überragte am Südende der über 800 m hohe steile Kegel des eigentlichen Krakatau, für den wir mit Verbeek im Gegensatz zur Bezeichnung der gesamten Insel die unverdorbene malayische Form des Wortes Rakáta beibehalten mögen. An den Pik Rakáta, der den Schiffern als weithin sichtbare Landmarke dient, schloß sich nach Norden zu eine Danan genannte, niedrige Berggruppe. Das Nordwestende der Insel endlich nahm ein höckerig erscheinendes Hügelland mit vielen niedrigen Gipfeln ein, Perboewatan genannt. Hier ragte fast kahl inmitten des üppigen Urwaldes ein Lavastrom hervor, der wahrscheinlich jener letzten Eruption von 1680 entstammte. Perboewatan gegenüber lag die Insel

Verlaten Eiland und die viel kleinere Poolsche Hoed, dicht nordöstlich an Krakatau dagegen das kleine Lang Eiland. Sämtliche Inseln sind durchaus aus vulkanischem Gestein aufgebaut. Bei der Untersuchung der Lagerungsverhältnisse desselben entrollte sich Verbeek folgendes Bild von der Geschichte dieser Inselgruppe, welches wir zum Verständnis der neuesten Eruption kennen müssen.

Im Anfang wurden aus einem in der Mitte der nachmaligen Inselgruppe gelegenen, zunächst submarinen Krater Lavaströme und lose Auswurfmassen von Hypersthen-Andesit ausgestoßen, durch welche nach und nach ein hoher Vulkankegel aufgetürmt wurde. Nach einem letzten großen Ausbruch stürzte dieser in sich zusammen. Nur sein ringförmiges Fußgestell blieb stehen. Als höchste Punkte dieses alten Kraterrandes, den man durch Sondierungen unterseeisch sehr gut weiter verfolgen konnte, ragen Verlaten Eiland, Lang Eiland und Poolsche Hoed aus dem Meere empor. Der Durchmesser dieses mächtigen Einsturzkraters beträgt mindestens 7 Kilometer. Er erreicht hierin noch nicht die mächtigen Einsturzkrater Tengger und Manindjoe auf Sumatra, welche die größten der Erde sind.

Nach diesem Einsturz öffnete sich ganz unabhängig vom vorigen Krater ein zweiter, peripherisch gelegener Schlund zu einer Seiteneruption, welche ganz anderes Gestein, nämlich Feldspath-Basalt, lieferte. Das wichtigste Unterscheidungsmerkmal desselben gegenüber dem Andesit ist der Gehalt an Olivin. Dieser lateralen Eruption verdankt der Pik Rakáta, dessen inneren Aufbau wir später kennen lernen werden, seinen Ursprung. Dieser Ausbruch war nur ein Zwischenspiel in der Entstehungsgeschichte des Hauptvulkans, und obwohl Pik Rakáta jetzt die höchste Erhebung der Insel darstellt, ist er doch eigentlich nur ein illegitimer Parasit daselbst.

Später regten sich die centralen Gewalten von neuem und erholten sich von ihrer Erschöpfung. Wiederum begannen Eruptionen aus dem Hypersthen-Andesit liefernden Herd. Sie erfolgten aus den Kratern des Danan und Perboewatan wahrscheinlich zu wiederholten, zeitlich weit auseinanderliegenden Malen, zuletzt im Jahre 1680. Die Aufschüttung der letztgenannten Berggruppen war ihre Folge. Krakatau bestand darum hierauf grade wie das Vesuvgebirge aus einem älteren Ring, einem Einsturzkrater, der dem Monte Somma entspricht, und aus jüngeren, centralen Kratern, die dem eigentlichen Vesuv entsprechen. Noch mehr fällt die Ähnlichkeit mit Santorin, der bekannten Cykladeninsel, ins Auge, wo die Hauptinsel Thera und die kleineren Therasia und Aspronise den zerrissenen Rand eines alten Einsturzkraters darstellen, während im Centrum die Kaymeni-Inseln als Gipfel jüngerer Eruptionskegel sich erheben.

So war die Lage der Dinge auf Krakatau bis zum verhängnisvollen Jahre 1883. Die Ereignisse desselben zerfallen in das am 20. Mai beginnende Vorspiel und in die große Katastrophe selbst, die am 27. August eintrat.



Vulkan-Landschaft: Die vulkanische Insel St. Helena
von der Nordseite gesehen.

Die Insel, rings von hohen Basaltmauern umgeben, steigt, nach Darwins Wort, „ganz plötzlich wie ein ungeheures schwarzes Schloß“ aus dem Atlantischen Ocean auf.

An Bord vorbeifahrender Schiffe sah man am 20. Mai eine ungeheure weiße Dampfsäule, deren Höhe zu 11000 m gemessen wurde, der Insel Krakatau entsteigen. Bald mischten sich schwarze Wolken in die Dampfmassen und ein Regen von feiner Asche bedeckte die Schiffe. Die Sonne erschien blau am verdunkelten Himmel. Ein unaufhörliches Geknatter wie ganz nahes Mitrailleusenfeuer wurde von der Insel her vernommen. Als der Donner des Ausbruchs am stärksten war, hörte man ihn bis auf 350 km Entfernung. Abends sah man, wie Blitze unaufhörlich die Pinienwolke erleuchteten. Am 26. Mai brach von Batavia eine kleine Expedition nach Krakatau auf; man landete und einige beherzte Männer drangen kühn bis nahe an den eigentlichen Herd der immer noch im Gange befindlichen Eruption vor. Der Krater befand sich am Fuße des Peoboewatan und glich einer hufeisenförmigen, von hohen Lavawänden umgebenen Vertiefung. Mit donnerndem Geräusch wirbelte die Rauchsäule aus ihm empor, breitete sich zur Pinie aus und ließ in unmittelbarer Nähe ihre Ladung von Bimsstein, weiter entfernt die feinere Asche fallen, von der damals schon der größte Teil von Krakatau und ganz Verlaten Eiland mit dicken Schichten bedeckt war. Diese Aschenausbrüche hielten mit wechselnder Heftigkeit bis zum August an, und zwar war vom 24. Juni ab zeitweilig außer dem Peoboewatan noch ein zweiter Krater, am Danan gelegen, in Thätigkeit. Immer furchtbarer dräuten die unterirdischen Gewalten. Am 26. August nachmittags begann man in Batavia, wie überall in ganz West-Java, das Grollen eines neuen, größeren Ausbruches vom Krakatau her zu vernehmen, welches sich nachts bis zur Stärke ganz nahen Artilleriefeuers steigerte. Die Luft erzitterte unausgesetzt von kurzen Schwingungen, die das Hausgerät, soweit es nicht niet- und nagelfest, in klappernde Bewegung versetzten, so daß niemand unter dem unheimlichen Eindrucke dieser Geräusche zu schlafen vermochte. Am Morgen des 27. August, um 7 Uhr, scheuchte eine furchtbare Detonation die letzten, welche noch zu ruhen versuchten, vom Lager. Der Kalk fiel von den Wänden, Fenster schlugen auf und allgemach begann es zu dunkeln, bis nach 10 Uhr tiefe Finsternis herrschte, während das ferne Geräusch allmählich verstummte. Bei Buitenzorg sah Verbeek, wie sich zuerst eine Wasserdampfschicht herabsenkte, auf welche zunächst ein Regen von feuchter, dann von trockener Asche folgte.

Mit Bangen und Zagen verfolgte man zu Batavia die Entwickelung der Ereignisse. Noch wußte man nicht, wo der Schauplatz dieses neuen vulkanischen Ausbruches sich befand. War es einer der südlich von Batavia auf Java selbst gelegenen Vulkane, der in so entsetzlicher Weise seine Eruption ankündigte? Oder kamen die furchtbaren Töne wieder von dem fernen Krakatau? Man konnte es nicht glauben. Und doch war diese weit abgelegene Insel der Schauplatz des gigantischen Ringens entfesselter Naturkräfte, deren Kampfgetöse man vernahm. Was war auf dem kleinen Eiland geschehen?

Es mag hier eine lebhafte Schilderung von M. Wilhelm Meyer folgen, welche derselbe in einer Sammlung feuilletonistischer Aufsätze veröffentlichte.

„Das ist ein unbeschreiblich furchtbarer Kampf der beiden feindseligen Elemente zwischen Feuer und Wasser gewesen, als der Vulkan inmitten seiner entsetzlichen Arbeit, durch diese selbst unterwühlt, in sich zusammenfiel und feuerspeiend unter das Meer versank. Das Wasser stürzte mit gieriger Wut in den glühendflüssigen Schlund hinab; zischend und brodelnd verwandelte es sich augenblicklich in ungeheure Dampfmengen, die in mächtiger Dampfspannung sich mit dröhnendem Krache befreiten, Feuer, flüssige Lava, glühende Steine und ein großes Stück Meer mit sich zu den Wolken emporschleudernd. Feuerströme stiegen vom Himmel auf und ab, und nur sie erleuchteten die schwarze Nacht, die statt sonnigen, tropischen Tages erstickend schwer über Land und Meer lagerte. . . . Am folgenden Morgen ging in Batavia die Sonne verhüllt in rostig blutiger Farbe auf. Schwarze Rauchwolken stürmten in immer dichteren Scharen vom westlichen Horizont herauf. Ein schwerer Regen von Asche, Schwefel und Staub fiel über die Stadt herab, und um Mittag war sie in undurchdringliche Dunkelheit gehüllt. Jede Beschäftigung stockte. Eingeborene und Europäer wurden von Furcht und Entsetzen ergriffen. Um diese Zeit strömte eine 17 Fuß hohe Welle vom Meere ins Land hinein und hieß die Flüsse zurück zu ihren Quellen fließen. Zwei Stunden später kam eine zweite und höhere Welle. 36 Stunden lang blieb Batavia in Dunkelheit gehüllt. Das ist ein Bericht von der unmittelbaren Wirkung der Katastrophe aus 20 geographischen Meilen Entfernung. . . .“

Weit schlimmer erging es indes den näher an der Ausbruchstelle gelegenen Gegenden. In Serang fielen erst Bimssteinbrocken, dann Asche, welche zu einem völligen grauen Schlamm durchweicht war, endlich die trockene Asche, die auch hier bis 2 Uhr tiefe Finsternis verbreitete. An einzelnen Orten, wie zu Tjanti auf Sumatra, war die nach Schwefel riechende Asche so heiß, daß sie auf der Haut Brandwunden erzeugte. Hier erschien der darauf folgende Schlammregen fast wie eine Erquickung.

Die wichtigsten Aufzeichnungen über die damaligen Ereignisse wurden auf Schiffen gemacht, die sich grade in der Sundastraße befanden. Den Beginn des Ausbruchs konnte man am Nachmittag des 26. August von der „Medea“ aus beobachten und hierbei die Höhe der Rauchsäule auf 27 km abschätzen. Über den weiteren Verlauf berichtet Kapitän Watson vom Schiffe „Charles Bal“, welches am 26. August um 5 Uhr nachmittags von einem Hagel heißer Bimssteinstücke überschüttet wurde, dem ein Aschenregen folgte. Abends sah er von der 11 englische Meilen entfernten Insel Krakatau unter furchtbarem Getöse Feuerstreifen auf- und absteigen, welche die Wurfbahnen glühender Bimssteinblöcke bezeichneten. Heiß und stickend.

von Schwefelgeruch erfüllt, wehte die Luft vom Vulkane her. Um Mitternacht erhob sich ein heftiger Wind. Die fortdauernde dichte Finsternis wurde häufig von Blitzen erhellt, und überall im Takelwerk des Schiffes sah man St. Elmsfeuer glimmen. Am 27. August gegen 11 Uhr vormittags erfolgte eine furchtbare Detonation, nach welcher erneute Finsternis hereinbrach und unter dem fortdauernden Gebrüll des Vulkans ein Regen von Schlamm und Asche niederfiel. Unmittelbar hierauf sah man vom „Charles Bal“ aus eine ungeheure Woge heranlaufen, welcher zwei andere weniger hohe nachfolgten.

Die Ursache dieser Wogen war, wie oben schon angedeutet, der Einsturz des größten Teiles der Insel Krakatau. Schon am 26. und am 27. früh war die See wiederholt erregt worden. Die Woge von ungefähr 10 Uhr 30 Minuten am 27. August war die stärkste. Diese Sturzwelle vernichtete an der nahen Küste zahlreiche blühende Ansiedelungen und forderte das Opfer vieler Tausende von Menschenleben. Sie wurde auf der ganzen Nordküste von Java verspürt, auf der Südküste bis Tjilatjap, auf der Ostseite von Sumatra bis zum Fluß Toelang-Bawang, auf der Westseite bis Ajer Bangies. Die Höhe derselben richtete sich natürlich nach der Beschaffenheit der betreffenden Ufer. Sie betrug z. B. am Leuchtturme des Blakke Hock 15 m, bei Teloeq Betoeng 24,7 m, auf Dwars in den Weg und bei Anjer (48 und 53 km vom Krakatau) jedoch 36 m. Die Gewalt der Sturzwelle war stellenweise eine furchtbare, Bäume und Häuser wurden fortgespült, schwere Korallenblöcke vom Meeresgrunde aus Land geworfen. Doch nicht allein am Gestade der Sundainseln verspürte man diese Woge. Sie pflanzte sich vielmehr, wenn auch in weit geringerer Höhe und ohne Verheerungen anzurichten, über ausgedehnte Meeresräume fort. Den ganzen Indischen, den Stillen und einen Teil des Atlantischen Oceans hat sie durchlaufen. Aus ihrer beobachteten Fortpflanzungsgeschwindigkeit konnte man nach den Lagrangeschen Formeln die mittlere Tiefe des Meeres auf der von ihr durchlaufenen Strecke berechnen. So fand man z. B. für die Strecke zwischen Krakatau und Süd-Georgia eine Geschwindigkeit von 249 m in der Sekunde und berechnete daraus für den durchlaufenen Meeresteil die beträchtliche mittlere Tiefe von 6340 m. Dies ist eins der vielen Beispiele dafür, wie die Erforschung dieses vulkanischen Ereignisses auch auf andere Gebiete der Wissenschaft anregend wirkte.

Die Verwüstung durch die Sturzwelle traf namentlich die Städte Merak, Anjer und Tjaringin auf Java, welche Krakatau gegenüber in flachen Niederungen gelegen waren. Sie wurden gänzlich zerstört. Auf den Inseln Sebesi und Seboekoe wurden sämtliche Bewohner vernichtet. Auch der Distrikt Ketimbang auf Sumatra litt schwer. Im ganzen gingen bei der Katastrophe 36 417 Personen zu Grunde, 165 Niederlassungen wurden völlig, 132 teilweise zerstört.

Auf außerordentlich weite Fernen hin wurden die Detonationen des großen Ausbruches vernommen, wie es bisher ohne Beispiel war. Hierbei wiederholte sich die schon bei der Maieruption beobachtete Erscheinung, daß das Geräusch in weiter vom Ursprung entfernt gelegenen Gegenden vielfach



Leopold v. Buchs Karte der vulkanischen Insel Lanzarote.
Die Insel gehört zur Gruppe der Canarischen Inseln. Man beachte besonders die reihenweise Anordnung der Vulkane.
(Aus Leopold v. Buchs Atlas zur physikalischen Beschreibung der Canarischen Inseln. Berlin 1825.)

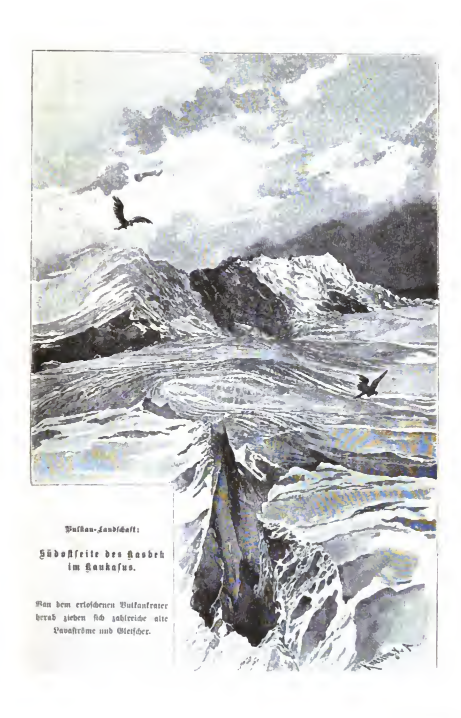
besser gehört wurde — als in der unmittelbaren Umgebung des Vulkans. Wahrscheinlich hat man die Ursache in dem im nächsten Umkreis am dichtesten fallenden Aschenregen zu suchen, welcher die Fortpflanzung der Schallwellen aufhalten konnte. Der Schall vom 27. August wurde vernommen

bis zu den Philippinen, bis Saigon in Conchinchina, bis Singapore, den Nicobaren, Andamanen, Ceylon, der Keeling-Insel und bis Perth in Süd-west-Australien, also in einem Umkreis, dessen Radius 30° = 450 geographische Meilen beträgt. Hätte sich die Explosion beispielsweise bei Berlin ereignet, so würde man sie einerseits noch in Petersburg, andererseits in Kairo oder Lissabon und beinahe bis hinauf nach Island, also über ganz Europa gehört haben.

Die Masse des ausgeworfenen Bimssteins und der feinen Asche war eine ungeheure. Verbeek schätzt dieselbe auf mindestens 18 cbkm. Namentlich zwischen Sebesie und Krakatau war der Meeresboden damit bedeckt. Dort, wo früher das Meer im Mittel 36 m Tiefe besaß, fand man nur noch 6 m. Die höchsten Punkte der dort angehäuften horizontal geschichteten Auswurfsmassen ragen als neugebildete flache Inseln über dem Meeresspiegel hervor. Die größten derselben, welche indessen sehr bald wieder von den Wogen abgetragen wurden, wurden Steers- und Calmeyer-Insel benannt. Lange war die Sundasee mit schwimmenden Bimssteinmassen bedeckt, welche die Schiffahrt vielfach hinderten.

Die Hauptmasse der ausgeworfenen Asche bestand zwar aus Splitterchen von porösem Glas infolge der sehr raschen Erstarrung des vulkanischen Schmelzflusses, daneben aber enthielt sie auch Kryställchen von Hypersthen, von Feldspat und Magneteisen. Somit besaß auch das im Jahre 1883 von Krakatau hervorgebrachte Gestein, wie die Lava der zuletzt vorausgegangenen Eruptionen, die Zusammensetzung eines Hypersthen-Andesites. Das isolierte Vorkommen der einzelnen Bestandteile dieses Gesteines in der Asche ermöglichte äußerst wertvolle petrographische Untersuchungen. Überraschend und von weitgehender wissenschaftlicher Bedeutung war besonders der von Verbeek gelieferte Nachweis, daß in der Asche außer etwas Sanidin sämtliche triklinen Feldspate vom Anorthit bis zum Albit vorhanden sind, und daß sowohl die rhombische, wie die monokline Form des Hypersthen darin vorkommt.

Die Veränderungen auf Krakatau, welche durch die Eruption herbeigeführt waren, stellten sich als sehr tiefgreifende heraus. Von der ganzen Insel war nur allein die Südhälfte des Pik Rakáta übrig geblieben. An Stelle der Nordhälfte des Berges und da, wo sich die Hügel des Danan und Perboewatan erhoben, befindet sich jetzt das Meer mit 100—300 m Tiefe. Auch zwischen Krakatau und seinen beiden oben erwähnten Nachbarinseln, sowie dicht östlich am Pik hat das Meer eine viel größere Tiefe erlangt. Was war mit diesen verschwundenen Landmassen geschehen? Gegen die Annahme, daß sie infolge der zahlreichen Explosionen zersprengt, zerstückelt und in die Luft geschleudert wurden, spricht der Umstand, daß in den Auswurfmassen, die doch wohl erkennbaren Gesteinsfragmente des basaltischen Pik Rakáta nirgends vorgefunden wurden. Vielmehr muß der



Vulkan-Landschaft:

Südostseite des Kasbek im Kaukasus.

Von dem erloschenen Vulkankrater herab ziehen sich zahlreiche alte Lavaströme und Gletscher.

Vorgang sich auf folgende Weise abgespielt haben. Infolge der ungeheuren Menge der in Form von Bimsstein und Asche ausgeworfenen Lava muß unter den Kratern Danan und Peoboewatan ein großer Hohlraum entstanden sein, in welchem die Lava, je nach der bald höheren bald niedrigeren Spannung der in ihr enthaltenen Wasserdämpfe auf- oder absteigende Bewegungen ausführte. Jedesmal, wenn die Lavasäule empordrang, muß sie große Partien der über ihr sich wölbenden alten Kraterwand abgeschmolzen haben. Beim immer tieferen Zurücksinken der Lava nach jedem weiteren Verlust von ausgestoßenen Massen fand endlich der so geschwächte feste Mantel des Vulkans in sich selbst nicht mehr genügenden Halt. Ein Einsturz erfolgte. In demselben Augenblick ergoß sich die See in die so entstandene Höhlung und mischte sich mit der noch flüssigen Lava des Innern. Die hierdurch entstehende plötzliche und mächtige Dampfentwickelung verursachte die letzten und stärksten Explosionen. Die in feinste Teilchen zerspritzte Lava wurde zugleich mit Wasserdampfmassen ausgestoßen und fiel nach deren Kondensation in höheren Luftschichten mit Wasser vermischt als Schlamm nieder. Dem großen Einsturz aber verdankt die große Sturzwelle ihre Entstehung."

So weit der Bericht. Was dem Drama des Krakatau noch eine besondere Bedeutung gegeben hat, war eine atmosphärische Erscheinung, die, wenn die Deutungen richtig waren, erst recht eigentlich das Überwältigende dieser vulkanischen Kraftäußerung darthun mußte. Der Bericht erwähnt bereits neben der gigantischen Flutwelle die weite Ausdehnung des Schallgebiets bei der großen Explosion. Die Erregung der Luftschichten überhaupt, die Luftwelle, die der enorme Stoß an der Sundastraße erzeugt hatte, ist aber in ihrer Intensität noch an den entlegensten Orten der Erde durch das Steigen und Fallen des Barometers meßbar geworden. In Berlin machte sich die erste Barometerunruhe, von selbstregistrierenden automatischen Apparaten aufgezeichnet, 10 Stunden nach der Katastrophe geltend. Das giebt eine Geschwindigkeit der über Ostindien kommenden Luftwelle von über 1000 km in der Stunde. 16 Stunden später kam eine zweite Schwankung, hervorgerufen durch dieselbe Lufterschütterung, die aber diesmal auf dem anderen, längeren Wege über Amerika herauflief. In ungefähr 36 Stunden mußte bei solcher rapiden Wucht die Welle die ganze Erde umkreist haben, und richtig traf sie 36 Stunden nach dem ersten Anschlag abermals über Ostindien in Berlin ein. Nochmals 37 Stunden später kam ein dritter Stoß, von da ab verminderte und verlor sich die Stärke, doch zeigten die Barometer bis zum 4. September (der Krakatau war am 27. August explodiert) noch kleine Schwankungen. Diese Daten bewiesen bereits die Möglichkeit der Einwirkung eines Vulkanausbruchs auf die gesamte Atmosphäre der Erde. Und wie der Stoß des Vulkans einen wiederholten Luftwirbel rings um die ganze Erdkugel erzeugt hatte, so



Verlag von W. Pauli's Nachf. (H. Jerosch) Berlin.

Die Schlammvulkane von Turbako (Süd-Amerika).

Die Tafel ist eine genaue Wiedergabe des berühmten Stichs in Humboldt's „Vues des Cordillères“, Pl. XLI.

konnten eventuell auch feste Partikelchen Asche oder emporgeschleuderte Gase sich von dem einen Ort aus bis zu den Antipoden verbreiten.

Nichts mochte nun wunderbarer sein, als die Thatsache, daß gerade im Herbst und Winter 1883 in allen Weltteilen wunderbare Lichterscheinungen sich bemerkbar zu machen begannen, die unzweifelhaft auf irgend eine geheimnisvolle Veränderung in den oberen Schichten unserer Atmosphäre hindeuteten. Das gewöhnliche Abendrot verstärkte sich zu einer Purpurglut, die selbst dem schlichtesten Laien als etwas ganz Außergewöhnliches erschien. Die Mehrzahl der Leser wird sich der Erscheinung noch erinnern können, — an einzelnen Abenden steigerte sie sich derartig, daß bald auf fernes Großfeuer, bald auf ein Nordlicht geraten wurde. Es waren in unsern Gegenden besonders die letzten Tage des November, wo das Purpurlicht seinen Zauber zu entfalten begann. Einen Glanz wie in jenem Winter 1883 zu 84 hat es nicht wieder erreicht. Aber Nachklänge ließen sich sehr deutlich verfolgen bis in den Sommer 1886 hinein, ja vielleicht, wie wir gleich sehen werden, noch weiter. Hand in Hand mit Dämmerungsfeuerwerk zeigten sich auffallende Himmelsfärbungen in der Nähe der Sonne selbst. Bei völlig klarem Himmel schien ein graurötlicher Ring von dunstiger Art sie zu umgeben. Gerade diese letztere Erscheinung wies nun den Weg zu einer hypothetischen Erklärung, die das Ganze mit der Explosion des Krakatau und den dabei in die obersten Atmosphäreschichten hinaufgeschleuderten Eruptionsprodukten in Verbindung setzte. Man weiß seit langer Zeit, daß große Massen von Staub, vulkanischer Asche und ähnlichem, in die Atmosphäre hinaufgetrieben, eigentümliche Färbungen der Sonne und des Mondes hervorbringen. 1880 hat Whymper bei dem Ausbruch des Cotopaxi in Südamerika die Sonne in dem Rauchschleier abwechselnd (je nach der Dicke der vulkanischen Wolke) lebhaft grün und dann wieder blutrot gefärbt gesehen, und das Gleiche zeigt sich bei den großen, über weite Strecken ausgedehnten Grasbränden Südafrikas, wo die Pflanzenasche hoch hinaufgewirbelt wird. Sehr schön wurde dieses Phänomen nun unmittelbar nach der Krakatauexplosion auf Ceylon, Mauritius, ja sogar in Centralamerika und Brasilien wahrgenommen: die Sonne erschien bald in fahlem Blau, bald grasgrün, auch wohl blaugrau und kupferfarbig. Es lag sehr nahe, den Schluß zu ziehen, daß auch die ganze weitere Dämmerungspracht nichts anderes sei, als die einfache Folge einer jahrelangen Infizierung der gesamten Erdatmosphäre mit Krakatau-Asche. In enorme Höhe emporgeschleudert (man mußte an 60 000 m ungefähr denken) und von der Luftwelle um die ganze Erdkugel herumgerissen, hatte die fein zerteilte Asche längere Zeit gleichsam einen lichtbrechenden und damit farbenerzeugenden Schleier um diese Erde gelegt. Man rechnete im Detail aus, warum die Erscheinung erst dann und dann zur vollen Geltung gekommen

sei, und es ist unleugbar, daß die **Mehrzahl** wenigstens der sorgsam vereinigten Daten und Beobachtungen vortrefflich zu der Hypothese stimmt; ein kleiner Kreis ist etwas widerspenstig geblieben, hat aber doch die hohe Wahrscheinlichkeit nicht dauernd beeinträchtigen können. Daß jene Dämmerglut und abnorme Ringbildung um die Sonne irgendwie auf einer Infizierung der Atmosphäre mit lichtbrechenden Stoffpartikelchen beruht haben muß, ist an sich nach allem, was wir über Lichtbrechung und Farbenentstehung wissen, wohl ganz sicher. Kam die Störung nicht von der Asche des Krakatau, so müßte man an kosmische Ursachen denken, etwa Durchgang der Erde durch eine Wolke sehr feinen Meteoritenstaubes. Da aber zeitlich die Krakatauexplosion sich gerade hier einfügt, so wäre es gewiß gewagter, sie auszulassen zu Gunsten einer völlig beleglosen Hypothese, als über ein paar kleine Widersprüche im Detail wegzusehen. Und so hätten wir hier denn also wirklich den Vulkanausbruch, der auf Jahre hinaus die ganze Erdatmosphäre gewissermaßen in Unordnung gebracht hätte: sicherlich der Gipfel aller Leistung der noch thätigen Erdkräfte.

Es ist gesagt, daß die Dämmerungserscheinungen bis 1886 ziemlich ausgeglüht hatten. Merkwürdigerweise hat sich aber seit dem Sommer 1885, zuerst in Europa, dann auch in südlichen Breiten, wieder etwas Neues am Himmel sehen lassen, — nicht so auffällig, aber doch zum höchsten Staunen aller Fachleute: das Phänomen der sogenannten „**leuchtenden Nachtwolken**". „Die glänzenden Nachtwolken," schreibt einer ihrer ersten Beobachter, O. **Jesse**, „wurden in Norddeutschland zuerst im Jahre 1885 in den Tagen des 23. und 24. Juni gesehen. Nach meinen Beobachtungen vom 23. Juni hatte das Phänomen den folgenden Verlauf. Einige Zeit nach Sonnenuntergang erschien innerhalb des Dämmerungssegments am Himmel eine cirrusartige Bewölkung, die sich durch eine ungewöhnliche Helligkeit auszeichnete. Ich habe dem Wolkenhimmel bisher immer eine große Aufmerksamkeit zugewandt; aber eine so glänzende Erscheinung, besonders zu einer so späten Abendzeit, erschien mir außerordentlich auffallend. Um 9 Uhr 50 Minuten war der Nordwesthimmel bis zu einer Höhe von etwa 20 Grad (1 Grad ist etwa so viel wie zwei Vollmondbreiten) mit einer schön gezeichneten, hellen, cirrusartigen Wolkenschicht bedeckt, die sich etwa von Nordwest bis Nordnordost erstreckte. In dieser Schicht, deren unterster Teil mir jedoch durch Häuser und Bäume verdeckt war, ließen sich drei horizontale Zonen unterscheiden. Die untere hatte ein glanzloses, etwas gelbliches Ansehen, weiter hinauf folgte ein Streifen von mehreren Graden Breite, welcher in einem überaus schönen, weiß glänzenden, silberähnlichen Lichte leuchtete. Über diesem Streifen folgte ein ähnlicher mit mattem, bläulichem Farbenton. Auf der Fläche der leuchtenden Wolken ließen sich verschieden gestaltete Figuren, besonders kreisförmige mit vielfach verschlungenen Streifungen erkennen. Das Licht

der hellen mittleren Zone war vergleichbar dem Lichte des beinahe vollen Mondes, wenn derselbe zur Zeit des Sonnenunterganges ungefähr 10 Grad über dem Osthorizont sich befindet. Um 10½ Uhr hatte die Höhe der leuchtenden Wolken etwas abgenommen; die drei Schichten waren noch vorhanden, die obere war jedoch beträchtlich schmaler geworden." Das Eigentümlichste war die enorme Höhe, in der diese Lichtwolken offenbar



Sogenannte „leuchtende Nachtwolke",
am 6. Juli 1887, abends 9 Uhr, von dem Dache des Hauses Blumenthalstraße 18 in Berlin photographisch aufgenommen.
Die Erscheinung dieser leuchtenden Wolken wurde vielfach in Verbindung gebracht mit der Explosion des Vulkans Krakatau an der Sundastraße. (Vergl. Text S. 783.) Das Bild ist mitgeteilt in einem Aufsatz von O. Jesse in der Zeitschrift „Himmel und Erde" (Berlin, Paetel), Bd. I S. 209.

schwebten. Derselbe Beobachter berechnete eine Höhe von 75 km, später sogar 82 km. Die gewöhnlichen Cirrus- oder Federwolken gehen im Maximum bis 13 km. Im Juli 1885 schwand die Erscheinung. Ende Mai 1886 kam sie wieder und löste sich abermals nach der Frist von zwei Monaten. Seitdem ist sie ständiger Gast, der niemals vor Ende Mai naht und über Ende Juli bleibt. Meist zeigt sie sich mit Zwischenräumen von 8 Tagen, dann aber mehrere Nächte durch konstant. Doch scheint im



Vulkan-Landschaft: Der Gipfel des Pik de Teyde auf Teneriffa.
Aus: Leopold von Buch, Atlas zur physikalischen Beschreibung der Canarischen Inseln.



Der Krater des Piks von Teneriffa.
Aus: Alexander v. Humboldt, Vues des Cordillères et Monumens des peuples indigènes de l'Amérique.

ganzen eine Abnahme der Häufigkeit in den letzten Jahren merkbar. Zuerst vormitternachts sichtbar, zeigt sie sich jetzt nur noch vor Sonnenaufgang. Von den Federwolken gewöhnlicher Art unterscheiden sich, was dem Laien wichtig sein mag, die echten Leuchtwolken dadurch, daß die Federwolke nach Ablauf der ersten 15 Minuten nach Sonnenuntergang stets dunkel vor dem Dämmerungshimmel steht, während die Lichtwolke allemal heller als dieser ist. Vor 1885 scheinen die Wolken nicht vorhanden gewesen zu sein. Es liegt nun entschieden eine gewisse Versuchung vor, auch dieses atmosphärische Phänomen in die Kette der Krakatauerscheinungen einzugliedern. Jesse denkt an nachträgliche wolkenartige Verdichtung der bei der Explosion emporgeschleuderten Gase, z. B. Wasserstoff. Die Hypothese macht viele Detailkonstruktionen nötig und ist gewiß im Moment nicht gesichert. Aber sie ist als solche interessant genug, um hier erwähnt zu werden, — zumal es eine bessere zur Erklärung des Problems der leuchtenden Nachtwolken selbst (deren Existenz feststeht) vorläufig nicht giebt. Jedenfalls handelt es sich um Stoffe — seien sie nun emporgeschleudert oder aus dem All aufgesogen — an den Grenzen unserer Atmosphäre, deren Enträtselung die wichtigsten Aufschlüsse über die Temperatur des Weltraumes u. s. w. versprechen dürfte.

Das Schlußstück unserer Wanderung durch die Vulkangebiete der Erde bietet uns wenig Neues mehr, es sei denn die eine, allerdings noch einmal zu vollster Klarheit eingeprägte Lehre, daß das Innere riesiger Kontinente durchweg wenig oder gar nicht zur Vulkanbildung neigt. Aus den gesamten centralen Teilen Afrikas ist nichts über gegenwärtig noch bestehende vulkanische Thätigkeit bisher bekannt geworden, die einzigen deutlichen Gebiete derart liegen ganz an der Küste, wie im Westen das Kamerungebirge, im Osten eine Kette, die über den Äquator weg bis zum Kilima Ndscharo reicht, oder doch relativ nahe wie Abessinien. Im Innern Asiens ist, abgesehen von der schon erwähnten verlorenen Stelle der Mandschurei, nur noch eine noch dazu ziemlich zweideutige Region im Tien-Schan-Gebirge bekannt, über die seit Humboldts Tagen gestritten wird, ohne daß die Akten bis heute geschlossen sind. Um so reicher entfaltet sich die Vulkanthätigkeit an der Westseite, wo die großen Halbinseln ins Meer ragen: das Innere von Kleinasien zeigt alte Krater, über dem Armenischen Hochland ragt der Ararat (5157 m), der bis ins 15. Jahrhundert hinein gewaltige Lavaströme ergossen hat (vergl. das Bild S. 66), in der wilden Gletscherwelt des Kaukasus öffnen sich die höchsten Gipfel grade, der Elbrus (5660 m) und der Kasbek (5043 m), zu Kratern, und in Persien, im Elburzgebirge am Kaspischen Meer, dampft (obwohl nur noch in schwacher Solfatarenthätigkeit) der gewaltige, volle 6000 m hohe Demawend. Weiter südlich

umrahmt eine Vulkankette mit scharfer Knickung den unteren Westwinkel von Arabien; die Stadt Aden auf der Ecke liegt selbst in dem Amphitheater eines erloschenen Kraters. Im freien Meer, im Atlantischen so gut wie im Stillen Ocean, zu den Flanken der großen Erdteile, ist nahezu jede Insel ein vulkanischer Herd. Von der Ostküste Afrikas läuft eine wohl erkennbare Kette über die Comoren zur Nordecke Madagaskars und weiter nach den Maskarenen mit Bourbon, wo der Piton de la Fournaise arbeitet. Weit draußen, aber ungefähr noch in der Verlängerung der Kette, brandet die freie Welle des Indischen Oceans an zwei seltsamen Kratereilanden, St. Paul und Neu-Amsterdam. St. Paul (vergl. das Bild S. 771) ist eine vom Meer eroberte Vulkanruine, entstanden vielleicht bei einer ähnlichen Katastrophe wie die, die den Krakatau zersprengt. Wir wollen hier noch einen Moment verweilen. „Von Westen gesehen," berichtet Hochstetter, „bildet St. Paul einen flach ansteigenden, oben abgestumpften Kegel, der an dem steilen, von der Brandung bespülten Uferrande von mehreren kleinen Schlackenkegeln besetzt ist. Die Ostseite zeigt einen hohen steilen Felsabsturz, der regelmäßig übereinander gelagerte Lavaströme bloßlegt. Eine Öffnung in der Mitte dieses Absturzes gewährt den Einblick in den Krater, und rechts von dieser Öffnung erhebt sich wie ein riesiger Markstein ein isolierter Felspfeiler, ein zuckerhutförmiger Inselfels. Ich werde den Eindruck nie vergessen, als wir während der Novarareise im November 1857, nachdem die Fregatte auf einer Sandbank vor der Insel geankert hatte und wir uns in eins der Boote ausgeschifft hatten, aus dem stürmisch bewegten offenen Ocean, durch dichte Seetangbündel mühsam uns durcharbeitend, zwischen zwei von den steilen Felswänden dammartig auslaufenden niedrigen Landzungen hindurch einfuhren in das ruhige, spiegelglatte Kraterbassin. Kreisrund liegt der Meersee zwischen den ringsum steil bis zu 260 m Höhe aufsteigenden Felswänden des ungeheuren Kraters. Nur die schmale Einfahrt, durch die wir gekommen, verbindet ihn mit dem offenen Weltmeer. Wolken, Himmel und Felsen spiegeln sich in seinem krystallklaren grünen Wasser. Kein lärmendes Menschengewühl an diesem einsamen Gestade, überall die ernste Ruhe der ungestörten Natur, bis der erste Schuß krachte und donnernd wiederhallte an den Felswänden, und mit ihm einer jener großen Seevögel, welche die Einöden der Südsee beleben, ein Albatros, vor uns niederstürzte aus der Luft aufs Wasser." „Kein Beispiel," fügt der große Geolog seiner schönen Schilderung bei, „kann uns die Wechselwirkung der beiden Kräfte, aus denen die gesamte Gestaltung der Erdoberfläche hervorgegangen: Feuer und Wasser, deutlicher zur Anschauung bringen."

Auf der Westseite Afrikas, tief in den Atlantischen Ocean hinein und bis Amerika hinüber, ragt Krater um Krater aus dem Meer. Nach Norden hinauf vereinigen sie sich zu Inselgruppen (Azoren, Kanarische, Kap-

verdische Inseln). Da erhebt sich, gleichsam ganz Produkt eines einzigen Vulkankegels, die Insel Teneriffa in ihrem Pik de Teide zu 3706 m aus der See. Da liegt, nahe dabei und in derselben Gruppe, Lanzarote, berühmt durch Leopold von Buchs Untersuchungen; alles, was uns die amerikanischen Kettenvulkane im großen gelehrt, drängt sich hier, wie ein Blick auf die Karte (S. 781) lehrt, im kleinen wunderbar zusammen. Auch ein unterseeischer Krater arbeitet hier in der Nähe, bei der Azoreninsel San Miguel, der kleine Inselchen bald auswirft, bald wieder verschwinden läßt. Mehr südwärts in der ganz offenen See liegen, in ähnlich isolierter Lage wie St. Paul, als Vulkaninseln Ascension, St. Helena und Tristan da Cunha. Will man eine Kette finden, die Afrika mit Südamerika verknüpft, so ginge sie noch am ehesten von den afrikanischen Inseln vor dem Kamerungebirge über Ascension und eine unterseeisch thätige Stelle nach Fernando da Noronha dicht am östlichsten Kap Südamerikas, von wo man sie, allerdings sehr sprungweise, noch abbiegend sich denken könnte in der durch und durch vulkanischen Kette der kleinen Antillen, die ostwärts das Karaibische Meer einschließt.

Unsere Wanderung ist zu Ende. Nachdem wir auf die Theorie einstweilen verzichtet hatten, hat sich uns ein Bild ergeben. Aber fast ungewollt mischten sich in dieses allenthalben die Keime doch auch einer wirklichen Ursachenerklärung. Leichter wird es jetzt werden, das Vielfältige wieder zu sammeln in einen Brennpunkt. Eine Thatsache der Entwickelungsgeschichte der Erde wollten wir finden. Es wird uns jetzt eher glücken, und, einmal die Anknüpfungsstelle des Fadens wieder entdeckt, wird das Weiterspinnen in neue, verheißungsreiche Gebiete geringe Schwierigkeit machen.

Vulkanismus und Gebirgsbildung.

In der Geschichte der menschlichen Forschung kehrt ein bestimmter Fall sehr oft wieder. Zur Erklärung einer Gruppe von Naturerscheinungen wird eine Hypothese aufgestellt. Eine gute Hypothese, die allgemein gefällt. Sehr bald gewöhnt man sich daran, sie wie eine wirkliche Sacherklärung skrupellos zu verwerten. Man verallgemeinert sie, giebt ihr Geltung für sehr viel weitere Gebiete, als vorgesehen war. Aber aus dieser Verallgemeinerung erwachsen sichtliche Fehlerquellen. Man beginnt wieder einzuschränken, will zurückgehen. Und indem man es versucht, gewahrt man auf einmal, daß man die ursprüngliche Hypothese selbst in die Enge getrieben, ja auf den Punkt gebracht hat, wo sie überhaupt jede Bedeutung verliert.

Ein solches Los war der ersten scharfsinnigen Hypothese über die Entstehung der Vulkane beschieden.

In den Tagen Werners, zu Ende des vorigen Jahrhunderts, war das „Feuer“ eines Vulkans für die herrschende Geologenschule noch ganz im Sinne kindlichster Laienphantasie von heute das Ergebnis brennender Steinkohlenflötze oder anderer in Brand geratener Mineralien einer geringen Tiefe. Für Werner hatte ja das Wasser eigentlich allein die Erdoberfläche gestaltet, und alles Feurige war eine lokale Nebenerscheinung ohne Belang. Dann aber kam Huttons Schule, man gewöhnte sich an den Gedanken eines glutflüssigen Erdinnern, man erkannte allenthalben Gesteine, die einst „feurig“ gewesen waren, und man begann in den Vulkanen jetzt umgekehrt grade die allernachhaltigsten und bedeutsamsten Phänomene der ganzen Erdoberfläche zu schätzen. Um diese Zeit entstand eine Hypothese, die als „Erhebungslehre“ berühmt geworden ist. Den ersten Anlaß dazu gab die 1811 durch Alexander von Humboldt veröffentlichte, angebliche Entstehungsgeschichte des mexikanischen Vulkans Jorullo, die wir oben (S. 737 ff.) im Wortlaut kennen gelernt haben. Die unterirdischen Kräfte, die man im Sinne Huttons sich gar nicht groß und unberechenbar rapid genug vorstellen konnte, sollten da in kürzester Frist die Erdrinde blasenartig in die Höhe getrieben haben, um schließlich die hohle Blase oben in regelrechten Vulkankratern zu durchlöchern und eine Ausbruchstelle für Lava und Asche zu schaffen. Durch eigene umfassendste Beobachtung unterstützt, erhob dann Leopold von Buch diesen Modus vom Jorullo zu einem universalen bei aller Vulkanbildung. Überall sollte der eigentliche Berg entstanden sein durch lokales Emportreiben der auf dem drängenden Glutherd lastenden horizontalen Gesteinsmassen. Platzte die blasenartige Erhebung oben, so entstand ein echter Vulkan mit Krater, — kam es nicht zum Durchbruch, so wölbte sich bloß ein domförmiger Gipfel auf. Die Auswurfsmassen des Kraters galten dabei als nebensächliches, höchstens noch etwas ergänzendes Baumaterial.

Es hat sich in der Folge herausgestellt, daß diese Erhebungslehre in nahezu sämtlichen kontrollierbaren Fällen vollständig unhaltbar war. Wie es mit den historischen Beispielen, wo man den Erhebungsprozeß direkt beobachtet haben wollte, steht, haben wir oben beim Jorullo und beim Monte Nuovo deutlich genug gesehen. Beim Monte Nuovo war das umliegende Terrain noch nicht einmal so weit in Mitleidenschaft gezogen, d. h. „aufgewölbt“ worden, daß schwache alte Tempelsäulen die Balance verloren hätten. Die direkte Untersuchung der vorhandenen Vulkanberge ergab durchweg eine Aufschüttung aus den erst vom Krater (der, wie wir in der Eifel gesehen haben, zunächst als einfaches, in heftiger Explosion gebildetes Loch im horizontalen Gestein sich öffnen konnte) entsandten Auswurfsprodukten wie Asche, Bimsstein und Lava. Grade für die größten und bekanntesten

Vulkane leidet das heute gar keinen Zweifel mehr. In einigen wenigen Fällen, z. B. bei der S. 693 ff. erwähnten Granitplatte im Puy Chopine der Auvergne, sieht man allerdings wohl, daß vereinzelt, unter ganz besonderen Umständen, die aufquellenden Eruptivmassen ein Stück Erdrinde mit emporreißen konnten, es giebt auch ein paar Punkte der Erde (besonders in Nordamerika), wo sonst noch das eine oder andere an die Blasenform Erinnernde vorkommt, — im allgemeinen aber gilt gradezu als Gesetz, daß, wo immer ein Vulkan ragt, die seine Basis umgebenden horizontalen Gesteinsschichten nicht gegen ihn hin aufgerichtet sind, — aus Neuseeland ist ein Fall bekannt, wo sie sich sogar gegen den Vulkan an abwärts biegen.

Selten ist eine Hypothese so verfehlt gewesen und so vollständig durch die nackten Thatsachen ad absurdum geführt worden, wie diese Buch-Humboldt'sche Erhebungshypothese der Vulkane. Und doch kam sie eigentlich zum Fall auf dem Umwege, daß man ihr auch noch eine kühne Verallgemeinerung gab, die als solche sich erst unhaltbar erweisen mußte. Der eigentliche Glanz der ganzen Lehre hatte sich in dieser Verallgemeinerung verkörpert, — ihr verdankte sie die zähe Liebe, mit der eine ganze Generation ihr anhing. Man glaubte nämlich, in der Erhebungshypothese der Vulkane den Schlüssel gefunden zu haben zu dem uralt geheimnisvollen Problem der Gebirgsbildung.

Wer hatte den Steinkoloß der Alpenmauer über die ewige Schneegrenze heraufgereckt, — welche Naturkraft war der Baumeister des ganzen starren Gebirgsaderwerks, das dem „Relief" der Erdkruste so bizarre Umrisse gab? Dem schwachen Epigonen ist die Mauer, die seine derberen Vorfahren getürmt, schon ein Cyklopenwerk, zu dem er sich ungeschlachte Riesenfäuste oder Götterhilfe träumt. Was ist aber die stärkste Burgmauer gegen den Granitberg, dessen Gipfel sie umfaßt, — was die Pyramide des Cheops gegen den Chimborazo oder den Mount Everest! Werner, dem die alte Sintflut nicht aus der Phantasie wich, hatte einst auch diese Frage in seiner Weise und für seine Zeit gelöst. Das Wasser hatte vor Zeiten höher über dem Erdball gestanden, als die äußersten Gebirgshörner hoch sind. Alles, was jetzt Tiefland ist, was Thal ist, was flacher ist als die Alpengrate, das war der langsam nagenden Thätigkeit der rinnenden Wässer, der Erosion zu danken. Nun ist kein Zweifel, daß die Erosion, wo ihr genügender Spielraum gegönnt ist, thatsächlich Gebirgslandschaften in dieser negativen Weise — durch Einnagen von Thälern — schafft. Wer von der Sohle des großen Cañon, jener enormen Spalte, die der Coloradofluß in Nordamerika sich im Laufe der Jahrtausende in ein Plateau eingewühlt (vergl. unsere Farbentafel), aufwärts blickt, der glaubt sich vor der himmelhohen Wand eines echten Gebirgsstocks. Und man braucht nicht einmal so weit zu gehen. Unsere nahe Sächsische Schweiz bietet das ähnliche Schauspiel eines zum Gebirge ausgenagten Plateaus. Dennoch ist Werners

Theorie, auf ein wirkliches Hochgebirge wie etwa die Alpen angewandt, eine Absurdität und konnte nur im Kopfe eines Forschers aufkommen, der nie in der Schweiz gewesen war. Die Aufrichtungen und Faltungen der



Der Gipfel der Jungfrau in der Schweiz.

Gesteinsschichten waren dort weder aus Erosion noch aus lokalen Einstürzen zu erklären. Dagegen fanden die ersten gewandten Beobachter, die das Schweizergebiet durchkletterten, allen voran der Geolog Saussure, sehr bald, daß nichts ihnen besseren Fortschritt im Erklären versprach, als die Erhebungshypothese der Vulkanisten. Warum sollten die plutonischen (d. h. voreinst als glühende Massen dem Erdinnern entstiegenen) Gesteine der Mittelzone der Alpen nicht aufsteigend die eigentlichen Werkmeister des ganzen Gebirges gewesen sein, die — hebend von unten — die alten horizontalen Sedimentschichten aufgewölbt und schließlich durchbrochen hatten?

Allerdings trat der Kernstock plutonischen Gesteins durchaus nicht überall deutlich hervor, — er fehlte z. B. gänzlich im Jura. Aber warum sollte man ihn nicht auch hier in der Tiefe, unter den blasenförmig emporgedrängten Sedimentschichten vermuten dürfen? Es war eben einfach nicht zu einem Durchbruch gekommen. Der einzige Unterschied gegen Hebungen wie beim Jorullo und den andern Einzelvulkanen bestand beim Kettengebirge einfach in der Hebung auf einer langen Spalte, — wobei übrigens bedeutsam war, daß ja auch die Vulkane vielfach in langen Reihen standen und sich auf schneebedeckten Alpengraten öffneten. Elie de Beaumont arbeitete diese kühne Verallgemeinerung der Hebungslehre zu einem großen System aus, das auch noch die glückliche Eigenschaft besaß, der stürmischen Katastrophentheorie Cuviers (vergl. S. 183) entgegenzukommen. Wie der Jorullo gleichsam über Nacht aus der Erde gewachsen, so sollten die Alpenketten mit einem Ruck aufgeschossen sein, unter furchtbaren Verwüstungen der Erdoberfläche und ihres organischen Lebens In Frankreich, wo Beaumont lehrte, gewann die ganze Hypothesenreihe ein außerordentliches Ansehen, und lange Zeit verschlöß man sich gegen alle Einwürfe; als man endlich anfing, Konzessionen zu machen, löste sich allerdings in raschester Folge Stein um Stein. Zuerst kam die Lyell'sche Schule (vergl. S. 210) und plaidierte wenigstens für etwas mehr Ruhe in der Erdgeschichte.

Von plötzlichem, ruckweisem Heben könne unmöglich die Rede sein, da ein jäher Stoß niemals fertig bringen werde, horizontale Gesteinsmassen in so eigentümliche Falten zu legen, wie es in den Hochgebirgen allenthalben vor Augen stand. Damit war die Anlehnung an den Fall des Jorullo schon beseitigt. Je mehr man sich aber die verschiedenen Kettengebirge der Erde ansah und nicht immer bloß an den Alpen exemplifizierte, desto energischer regten sich überhaupt Zweifel gegen eine Hebung von unten. Eine ständig wachsende Zahl unwiderlegbarer Einzelbeobachtungen sprach für eine horizontale, seitliche Zusammenpressung, die das Gebirge allerdings auch sich emportürmen ließ, aber zunächst gänzlich absehen konnte von treibenden Eruptivmassen der Erdentiefe, die „Blasen“ in der

von Sedimentschichten gebildeten flachen Oberfläche aufwarfen. Jedermann kann sich vor ein paar aufeinander gelegten Taschentüchern, die er entweder von unten mit dem Finger emportreibt oder seitlich zwischen zwei Bücher in die Presse bringt, experimentell überzeugen, daß man hohe Auftreibungen an der Oberfläche, also wahre Gebirge, genau so gut erzeugen kann durch spitzen Druck an einer Stelle von unten, wie durch Zusammenpressen der ganzen Tuchmasse von beiden Seiten her. Im einen Fall entsteht eine Blase im Sinne der Hebungslehre, im andern ein Wellenkamm (oder mehrere) im Sinne der horizontalen Faltungstheorie. Im Profil können beide Ergebnisse unter Umständen eine verzweifelte Ähnlichkeit miteinander haben: im ersten Fall werden vielfach die treibenden plutonischen Massen aus einem Loch der Blase oben herausgepreßt und bilden so den Kamm des Gebirges, von dem die gehobenen, aber durchbrochenen früheren Horizontalschichten jederseits schräg abfallen. Im zweiten Fall kann wenigstens die erodierende Thätigkeit der Atmosphäre die hoch in die Lüfte gereckten Oberschichten des Faltenkammes so radikal wegnagen, daß nachträglich die unterste aufgepreßte Schicht als oberste erscheint, — unsere Alpen, ein relativ junges Gebirge, stellen infolge der Erosion bereits nur noch eine allenthalben zerstörte und veränderte Ruine der alten Falten dar. Im Detail wird man allerdings doch die Unterschiede merken können. Der horizontale Druck, als ein einseitiger gedacht, wird sehr wesentlich andere Gebirgsformen erzeugen, als der von unten wirkende, der unter allen Umständen symmetrische Gebirge schaffen müßte. Von hier ist man



Eduard Sueß,
der Begründer der modernen Anschauungen über Gebirgsbildung.

denn auch mit Mut dem Problem auf den Leib gerückt. Vor allem der genialste Geolog seit Lyell, Eduard Sueß in Wien, hat Bresche geschossen zu Gunsten des horizontalen, seitlichen Zusammenschubs, und an seiner Seite sind der Schweizer Heim, Dana in Nord-Amerika und andere, ebenfalls durch ihre praktische Kenntnis der Thatsachen ausgezeichnete Forscher gegangen, so daß im Moment wenigstens die seitliche Faltungstheorie im Gegensatz zu der Erhebungstheorie den Sieg erstritten hat. Daß ihr noch zahlreiche Detailschwierigkeiten entgegenstehen, ist natürlich zweifellos. Die Faltungen der wirklichen Erdrinde sind nicht so leicht zu behandeln wie ein paar gepreßte Taschentücher. Noch ist man sich nicht einmal über gewisse Grundthatsachen ganz klar: z. B. weiß man noch keineswegs sicher, wie es überhaupt zu stande kommt, daß hartes Gestein in weiche, bruchlose Falten geworfen werden kann. Vor der praktischen Erfahrung, die jeder Steinbruch aufdrängt, hilft sich hier und an ähnlichen Stellen selbst die kühnste Theorie nur mangelhaft. Heim denkt sich, daß der Druck der darüber lastenden Massen schon bei 2000 m einen plastischen Zustand der festesten Gesteine erzeuge, in dem sie sich beliebig biegen lassen. Doch sind alle diese Untersuchungen noch durchaus im Fluß, ja zum Teil gradezu nur Vorpostengeplänkel.

Mit dem langsamen Durchdringen der Seitendruckhypothese war die alte Buch-Humboldt'sche Erhebungslehre ihrer glänzendsten Verallgemeinerung beraubt, und gleichzeitig mit diesem Verlust brach sie in sich selbst aus den oben berührten Gründen endgiltig zusammen. Mit ihr fiel ein großes Stück Energie aus, das man den inneren Erdkräften zugeschrieben. Auch in der Aufschüttung der Vulkankegel lag ja eine große Leistung, und die Lavaströme bewiesen genug für ein äußerst intensives Leben der Tiefe. Aber in gewissem Sinne schwand doch etwas von dem Nimbus, der eine Zeit lang die Vulkane umgeben. Wenn man sich auch streiten mochte, woher jene horizontalen, seitlichen Pressungen entstanden, die unsere Kettengebirge gebaut haben sollten, so war doch so viel fest, daß man es eher mit Spannungen der oberflächlichen Erdrinde als mit Regungen tiefster plutonischer Mächte im Innern zu thun habe. An diesem Innern wurde ohnehin alles immer problematischer. Der Gedanke durfte wohl vorübergehend auftauchen, ob die Vulkane nicht, wenn auch nicht im Sinne des alten Werner, brennende Kohlenflötze, doch wirklich nur lokale, durch bestimmte chemische Prozesse, die sich dicht an der Oberfläche abspielten, bedingte Phänomene recht untergeordneter Art seien. Die ersten Versuche dieser Art sind schon zur Blütezeit der Erhebungstheorie von Humphry Davy in England gemacht worden. Eine wirklich sehr seltsame Erscheinung des Erdlebens, die ich im vorigen Kapitel bei unserer Wanderung absichtlich nicht erwähnt habe, kam dabei scheinbar zu Hilfe. Es giebt an verschiedenen Orten der Erdkugel eine Gattung von Pseudo-Vulkanen: die sogenannten

„Schlammvulkane“. (Vergl. die Farbentafel.) Sie gehören zu den unappetitlichsten Gegenständen unseres Planeten. Kegelförmige Thonhügel, im Durchschnitt nur 20 bis 30 Fuß hoch, gelegentlich aber bis zu 500 und mehr aufsteigend, geraten von Zeit zu Zeit in Eruption und zeigen Erscheinungen, die den vulkanischen wenigstens äußerlich sehr ähnlich sehen. „Während des Zustandes ruhiger Thätigkeit“ sagt Fuchs, das Gesamtbild kurz zusammenfassend, „entwickeln sich aus den Eruptionsöffnungen auf dem Gipfel des Kegels und in der Kratervertiefung Gase, die sich zu einem mehr oder weniger starken Gasstrom vereinigen. Gewöhnlich hat sich jedoch in dem Krater Wasser angesammelt, welches einen Teil des Thones aufweicht und daraus bald eine dünnflüssige Masse, bald einen zähen Brei bildet. Die Gase müssen durch diesen den Krater erfüllenden Schlamm hindurchgehen, um entweichen zu können. Ist derselbe dünnflüssig, so wird er dadurch in fortwährender Wallung erhalten und gleicht einer siedenden Flüssigkeit, ist er aber von zäher Beschaffenheit, so können ihn die Gase nur mit Mühe durchbrechen, sie blähen seine Oberfläche zu großen Blasen auf, die endlich zerplatzen und den Schlamm nach allen Seiten umherspritzen. Bei reichlicher Gasentwickelung und einer großen Menge zähen Schlammes erreichen die von dem Schlamm niedergedrückten Gase eine so große Spannung, daß sie zuletzt den Schlamm bis über den Rand des Kraters emporheben; er fließt dann über den Abhang des Kegels, vergrößert denselben und kann sich unter Umständen auch noch in der Umgebung ausbreiten. In Gegenden, in denen es viele kleine Schlammkegel giebt und gewöhnlich mehrere Schlammvulkane von ganz geringer Höhe einander nahe liegen, gewinnt die Erscheinung bei anhaltendem Regen ein ganz anderes Ansehen. Dann weicht die ganze Masse zu einem großen Schlammpfuhle auf, indem die einzelnen Kegel verschwinden. Nur an den Stellen, wo sich das Gas entwickelt, wird die Schlammmasse in brodelnder Bewegung erhalten. Die eigentlichen Schlammkegel haben also dann keine dauernde Existenz, sondern bilden sich nur vorübergehend und erreichen deshalb keine bedeutende Höhe. Es giebt aber auch Zeiten der Aufregung, wo die Schlammvulkane in Eruption geraten und dann in kleinem Maßstabe alle Erscheinungen wahrnehmen lassen, die man bei Eruptionen der Vulkane beobachtet. Unter heftigen Erschütterungen des Bodens erhitzt sich derselbe, eine Dampfsäule erhebt sich, die Schlamm und Steine, oft von bedeutender Größe, umherschleudert, und endlich wird ein Schlammstrom ergossen, der weithin alles bedeckt. Die Erhitzung wird oft so stark, daß man selbst Feuerschein sieht und die Schlammströme die Vegetation versengen.“ Solche Schlammvulkane finden sich an vielen Orten der Erde, in Sizilien (die von den Arabern benannte „Makaluba“ bei Girgenti u. a.), Java, Island, Luzon, Neu-Seeland, in Süd-Amerika bei Turbaco, südlich von Carthagena, von wo unser Farbenbild nach

Humboldt ein anschauliches Bild liefert, — endlich in großartigster Entfaltung in der Nähe des Kaukasus.

Nun ist in einer Reihe von Fällen ganz sicher festgestellt, daß Schlammvulkane unter Umständen direktes Ergebnis von chemischen Prozessen in sehr nahe der Erdoberfläche abgelagerten Substanzen sind. Im Erdenschoße finden sich vielfach große Lager von Petroleum, Naphtha und ähnlichen Stoffen, die ihrer Herkunft nach sich als Reste längst vergangenen organischen Lebens, gangbarer Annahme nach von verwesten Meeresorganismen, ansprechen lassen, — womit übrigens ein noch nicht ganz sicher aufgehelltes Gebiet der Forschung betreten ist. Aus solchen Lagern steigen infolge des beständigen langsamen Zersetzungsprozesses Gase auf, vor allem solche von Kohlenwasserstoff. Für gewöhnlich entweichen sie durch die feinen Risse des Bodens. Liegt aber eine weiche, von einer Quelle durchsetzte Thonschicht darüber, so entsteht eine Stauung, — und das unmittelbare Ergebnis ist die Bildung eines Schlammvulkans. Die Erhitzung, die zu feurigen Erscheinungen führen kann und damit ganz besonders das Scheinbild eines echten Vulkans hervorruft, ist selbst auch nur ein Ergebnis der chemischen Prozesse, denn jede „Verwesung" ist im Grunde ja ein langsames „Verbrennen", das den Gasen eine sehr hohe Temperatur geben kann. Je größer die Masse des verwesenden organischen Stoffs, desto großartiger die Eruptionen der Schlammvulkane. An der Ostecke des Kaukasus lagern unermeßliche Schätze von Petroleum. Aus zahlreichen Quellen, teils am Lande, teils im Kaspischen Meere selbst, sprudelt es hervor. Eine 1879 erbohrte Quelle dieser Art füllte in einer Stunde ein Reservoir von 4000 Centnern Inhalt. Entsprechend dem sich zersetzenden Stoff strömt allenthalben dazwischen das Kohlenwasserstoffgas aus und erzeugt, entzündet, enorme Flammensäulen, die als die heiligen Feuer von Baku Gegenstand abergläubischer Verehrung geworden sind. Grade hier aber ist auch die Heimat der größten bekannten Schlammvulkane. Unter Umständen erheben sie sich, Inseln bildend, mitten aus dem Kaspischen Meer.

Angesichts dieser unanzweifelbar chemischen Vulkane hat man sich gefragt, ob nicht alle Vulkane auf ähnliche lokale Disposition zu Zersetzungserscheinungen zurückgeführt werden könnten. Auch bei den echten Vulkanausbrüchen spielen Gase eine Rolle, wenn auch nicht grade Kohlenwasserstoffgas. Nicht minder ist das Wasser ein ungemein wichtiger Faktor im vulkanischen Leben, und wenn man oberflächlich die Vulkankarte anschaut, so will es scheinen, als ständen die Vulkane nahezu sämtlich auf Inseln im Wasser oder doch nahe der Küste. Indessen — so verlockend die Analogie sich giebt: es ist bis jetzt auch nicht der Schatten einer haltbaren Hypothese dafür aufgebracht worden, auf welche chemischen Zersetzungsprozesse in der Erdrinde denn die ungeheure vulkanische Gesamtthätigkeit zurückgeführt

werden solle. Davy selbst nahm seine eigene Fassung der Lehre im Alter als unhaltbar wieder zurück, und keiner seiner Nachfolger ist glücklicher gewesen. Der ganze Feldzug von dieser Seite hatte nur, was immerhin nicht belanglos war, den einen Vorteil, daß er nachdrücklich dazu mahnte, wenigstens theoretisch einmal den Vulkanismus unabhängig zu nehmen von dem vorgefaßten Bilde eines glutflüssigen Erdkernes. Wir haben im ersten Kapitel dieses dritten Buches gesehen, daß die Wissenschaft zur Zeit nicht im stande ist, etwas Bestimmtes über Existenz oder Nichtexistenz dieser angeblichen Centralglut auszusagen. Zum mindesten drängte alles dahin, sie in eine sehr bedeutende Tiefe zu bannen. Damit wird aber die direkte Ableitung der Vulkane von dem Glutkern an sich schon höchst problematisch, und je tiefer man sich hineindenkt, desto deutlicher wird das. Wenn die Vulkane — mit Humboldts viel citiertem Wort — als eine Art Sicherheitsventile in der Kesselwand der Erde dienen, so ist es schwer begreiflich, warum oft auf kleinem Raum der eine Krater tot bleibt, während ein anderer ganz dicht dabei mit größtem Lärm seine Ventildienste thut. Wenn der Vesuv sich öffnet und speit, so müßte das Ventil des so viel niedrigeren Stromboli, wo die Lava viel weniger Höhe zu überwinden hat, sofort einen noch viel gewaltigeren Ausbruch produzieren. Statt dessen kümmert sich der beständig, aber mäßig stark arbeitende Stromboli gar nicht um den Vesuv und seine Ausbrüche. Aber das Wort vom „Ventil“ ist überhaupt mißlich. Im Verhältnis zur Größe des Erdballs sind selbst die größten Krateröffnungen so winzig, daß sie, wie Karl Vogt gelegentlich sehr treffend gesagt hat, „noch lange nicht das Verhältnis haben wie die Nietspalten an einem Dampfkessel“ und die Spannung des Innern also unmöglich regulieren können.

In diesem Dilemma, wo weder die chemische Theorie ausreichen will, noch andererseits die alte Annahme von der Reaktion des Centralfeuers gegen die dünne Rinde sich in ihrer konventionellen Form noch ferner als praktisch verwertbar erweist, — in diesem äußersten Dilemma des Vulkanismus, das schon beinahe auf jede Erklärung verzichten und den Vulkanen außerhalb aller uns bekannten Erscheinungen einen Sonderplatz anweisen wollte, ist es nun merkwürdigerweise grade jene neuere, von Sueß eingeleitete Theorie der Gebirgsbildung gewesen, die einen, wenn nicht absolut sicheren, so doch höchst plausibeln und geistvollen Ausweg gezeigt hat. Ist jene Gebirgstheorie mit ihren Seitenschiebungen und ihrer Faltenbildung durch solche Schübe im Recht, so finden in den obersten Schichten der Erdrinde unablässig (wenn schon langsam) die allerumfassendsten Veränderungen statt, und zwar Veränderungen, die, was die Tiefe angeht, beständig außerordentliche Schwankungen in den Druckverhältnissen mit sich bringen müssen. Hier setzt nun der folgende kühne, aber logische Gedankengang ein.

Setze ich einen leicht schmelzbaren Stoff, etwa Paraffin, in einer Glasröhre einer gewissen Temperatur aus, so wird er flüssig. Schließe ich aber die Enden der Röhre und setze dabei dieselbe Quantität Paraffin einem stärkeren Druck aus, so bleibt der Stoff unter diesem Drucke trotz der Schmelztemperatur noch starr. Erst im Moment, da ich die Röhre wieder öffne, also den Druck aufhebe, schießt er flüssig hervor. Das einfache Experiment lehrt, wie ein bestimmter Druck Stoffe noch starr erhalten kann, die ihrer Temperatur nach längst geschmolzen sein müßten und wie dieses Schmelzen rapid eintritt im Moment, da der Druck aufhört. Denken wir uns das einmal auf Substanzen in tieferen Partien der Erdrinde angewendet. Die geothermische Tiefenstufe scheint anzudeuten, daß wenigstens eine Strecke weit nach unten eine regelmäßige Wärmezunahme stattfindet. Andererseits weist vieles darauf hin, daß so nahe unter der Oberfläche, wie die Vulkane es verlangen, unmöglich schon ein allgemein glutflüssiger Kern beginnen könne. Wie aber, wenn die volle Festigkeit des Gesteins für eine gewisse Tiefe als Normalzustand bestände und doch in Ausnahmefällen, die jenem Öffnen des Paraffinglases entsprächen, eine Verflüssigung momentweise eintreten könnte? Es ist dazu weiter nichts nötig als die Annahme, daß infolge des gewaltigen Druckes der auflastenden Massen Mineralien der Tiefe noch bei einer Temperatur, die sie eigentlich verflüssigen müßte, fest bleiben, — so lange nämlich der Druck anhält. Denken wir uns jetzt durch irgend eine Verschiebung nahe der Erdoberfläche eine Spalte geschaffen, die momentan einen Teil des lastenden Druckes aufhebt, so wird, genau dem entlasteten Paraffin entsprechend, jählings an dieser einen Stelle ein kleiner, lokal umgrenzter Herd flüssigen Materials in der Tiefe entstehen: geschmolzene Gesteinsmasse, die, an die Oberfläche gebracht, sich wie Lava gebärden müßte. Nun kommt aber noch ein zweites hinzu. Es ist mehr als eine Vermutung, daß die gesamte Innenmasse der Erde (wohl noch aus den Zeiten ihrer ursprünglichen Glutflüssigkeit her) durchsetzt sei mit Gasen, die das Gestein in geschmolzenem Zustande einst absorbierte, aber unter dem gewaltigen Oberdruck nachmals nicht wieder ausströmen konnte. Auch hier bedeutet eine Entlastung vom Druck ein sofortiges Aufgären und Emporsprudeln. Die emporringenden Kräfte dieser entfesselten Gase in Verbindung gedacht mit dem an sich schon notwendigen Aufquellen der plötzlich flüssig gewordenen Gesteinsmassen selbst, wird man sich schließlich sehr wohl eine regelrechte „Eruption“ in der Richtung des Entlastungsstriches, der „Spalte“ ausdenken können: der „Vulkan“ wäre fertig. Wohlverstanden, ein Vulkan, der nicht voraussetzt, daß die ganze Erdschicht, aus der er kommt, an sich glutflüssig sei, für dessen Entstehung es also völlig gleichgiltig ist, bei wie viel Meilen Tiefe die Theorie einen solchen allgemeinen Glutzustand sich ausmalt, oder ob sie es überhaupt für irgend eine Tiefe thut. Wenn auch die Grundbedingungen überall di-

gleichen sind, so sind die flüssige Masse und das ausströmende Gas des Vulkans doch — ganz wie bei der chemischen Hypothese — in ihrer Art eine lokale Erscheinung, — höchstens daß eine lange Entlastungslinie auch eine Kette von Vulkanen zeitigen könnte. In keiner Weise — und das ist die Hauptsache im Gegensatz zu allen früheren Theorien — ist der entstandene Vulkan aber aufzufassen als Produkt eines direkten Arbeitens der Erde von innen nach außen, als „Ventil“ einer allseitig vordringenden weichen Masse, — sondern seine unmittelbare Entstehungsmöglichkeit kommt von oben, von den obersten Rindenschichten, — die Ursache seiner Entstehung muß also folgerichtig in Vorgängen dieser äußersten Rinde gesucht werden.

Welche Vorgänge können das nun sein, die zu entlastenden Spalten und damit zu lokaler Vulkanbildung führen? Der Geolog der Sueß'schen Schule erteilt eine durchaus plausibele Antwort. Wenn das Wesen der Kettengebirgsbildung in einer durch seitlichen, horizontalen Schub bewirkten Emportreibung von Falten gesucht wird, so deutet das vorhandene Relief der Erde daneben handgreiflich genug auf ein jenem Ausrecken umgekehrt entsprechendes Absinken weiter Strecken der Erdrinde. An den Rändern der Falte platzen vielfach Spalten auf, an denen große Schollen sich gesenkt haben. Häufig ist das Kettengebirge (bei einseitiger Pressung) einseitig gebaut und bricht an der Innenseite, von wo der Schub kam, steil ab. Hier schließt sich dann durchweg ein Senkungsfeld an, bei dem die Scholle in die Tiefe gerutscht ist: schöne Beispiele bieten die Po-Ebene am Südfuß der Alpen, die ungarische Tiefebene vor den Karpathen, das Tyrrhenische Meer vor dem Apennin. Jede der so entstandenen Spalten bedeutet aber für die Tiefe unzweideutig eine Entlastungsstelle. Die Theorie würde sagen: eine Möglichkeit für Vulkanbildung. Und es ist denn doch wohl, nachdem der Gedankengang bis hierher gekommen, eine wirklich nicht wohl als Zufall zu betrachtende Bestätigung, daß — ein Blick auf die Karte zeigt es überwältigend schön — thatsächlich die Vulkane der Erde durchweg an solchen Spalten und Senkungsgebieten hervorbrechen. Das Tyrrhenische Meer, an und in dem die italischen Vulkane liegen, das Meer zwischen Griechenland und Kleinasien mit den griechischen Inselkratern, die riesige Südsee, deren Korallenriffe allerorten von einem ungeheuren Absinken beredtes Zeugnis geben, das Chinesische Meer, — sie alle sind umgürtet oder durchquert von Vulkanen. Wohl durchschneiden die Vulkanketten gelegentlich auch hohe Gebirge, aber schon unsere Alpen zeigen deutlich genug, wie Senkungsspalten die Falten der Kettengebirge sehr oft auch im Innern durchsetzen können. Das alte Problem scheint zugleich mit gelöst, warum die Vulkane so auffallend die Nähe des Wassers bevorzugen: das Wasser sammelt sich naturgemäß in den Brüchen, den Senkungsgebieten. Die frühere Annahme war, daß

der Vulkan direkt abhängig sei von der Nähe des Wassers. Die Rolle des Wasserdampfs bei den Eruptionen, die an sich ja unbezweifelbar ist, verleitete dazu, das Einsickern des Meerwassers als Bedingung zu stellen, — was an sich kein zwingender Schluß war, da Wasser überall in die Erde eindringt, in zerklüftetes Kalkgestein des Binnenlandes wahrscheinlich sogar reichlicher als am Boden der Oceane. Der Schluß wurde noch bedenklicher, da in Innerasien und Nordamerika vulkanische Gebiete sehr weit vom Meere abstehen und selbst die südamerikanischen Krater viel weiter vom Stillen Ocean entfernt liegen, als man gewöhnlich in Rechnung zog. Für den Anhänger der Sueß'schen Lehre sind diese „Ausnahmen“ keine, da ein Senkungsgebiet ja durchaus nicht notwendig vom Wasser erobert sein muß, — man denke an Ungarn oder die Po-Ebene in Oberitalien.

So hätten wir denn die Spalten, die Entlastungsstellen, die die Theorie forderte, in glänzendster Weise durch die moderne Gebirgstheorie und ihre Ergänzungen zur Verfügung. Die Lage so vieler Vulkane am und im Meer ist erklärt. Die kettenweise Aufreihung der Krater ergiebt sich als logische Konsequenz aus dem Begriff der „Spalte“. Da solche Spalten sich vielfach verzweigen, kreuzen, radial von einem Punkte ausgehen, findet sich leicht Verständnis für alle die vielen scheinbaren Unregelmäßigkeiten, denen wir im vorigen Kapitel begegnet sind. Aber eins wird dem Leser aufgefallen sein. Wir gingen davon aus, einen Anschluß für die vulkanischen Erscheinungen zu finden an den großen Faden der Erdentwickelung, auf die unsere vom Kosmos herabsteigende Betrachtung sich jetzt beschränkt hat. Das dunkle, stets mehr sich verwirrende Problem eines noch bestehenden Centralfeuers der Erde gab uns diesen Anschluß nicht. Jetzt sehen wir wenigstens — nach langer Wanderung — eine Möglichkeit, die Vulkane zu erklären. Aber unter den Händen der Erklärung, so scheint es, wurden sie zu lokalen Erscheinungen. Der Faden scheint mehr verloren, als je.

Hier ist es denn nochmals und zum letztenmal jene Theorie der Gebirgsbildung selbst, die ihrer Hilfeleistung die Krone aufsetzt, indem sie auch noch eine universale Perspektive eröffnet, die uns das Phänomen der Gebirgsbildung sowohl wie das des Vulkanismus als unvergleichlich wertvolle entwickelungsgeschichtliche Marksteine enthüllt.

Elie de Beaumont hatte, als er sein System ruckweiser Gebirgserhebungen ausarbeitete, es in seiner Art nicht an Versuchen fehlen lassen, seine wilden geologischen Prozesse zurückzuführen auf Entwickelungsphasen der mehr und mehr alternden Erde. Vorsichtiger, aber darum doch im vollen Bewußtsein, daß man solchen Perspektiven durchaus nicht aus dem Wege gehen dürfe, hat die neuere Gebirgsbildungstheorie sich ähnlichen Gedanken zugewendet. Welche treibenden Grundkräfte liegen der Faltung der Erdrinde, der Spaltenbildung, dem Absinken und Einbrechen gemeinsam

zu Grunde? Da ist es denn ein Gedanke, der sich, sobald man die ganzen Vorgänge umsichtig überblickt, mit beinahe zwingender Gewalt aufdrängt. Alle diese Phänomene müßten grade so sich einstellen als einfache Wirkungen der Schwere, also ohne Zuhilfenahme irgend welcher phantastischen Innenkräfte des Erdballs, wenn die Erde sich auf Grund irgend eines Prozesses zusammenzöge. Der Kern schließt sich enger aneinander, die Rinde, gezwungen sich anzupassen, unterliegt im Banne der Schwere gewissen Spannungsgesetzen, die sich, im Umriß wenigstens, mathematisch darlegen lassen, und der Erfolg sind hier Falten, dort Senkungen, kurz ein Relief, wie es die Erde thatsächlich zeigt. Hier aber erinnern wir uns, was die Betrachtung der Entwickelungsphasen im All uns gelehrt hat. Die Erde, dem kalten Weltraum ausgesetzt, ist höchst wahrscheinlich erst infolge der auf sie einwirkenden Kälte aus einem glutflüssigen, leuchtenden Gestirn zum dunklen, mit einer harten Rinde umkleideten Planeten geworden. Unabläſſig aber wühlt die Kälte sich auch jetzt noch gleichsam in sie hinein. Noch immer muß der Prozeß der Abkühlung dauern. Mit ihm Hand in Hand geht eine unabläſſige Zusammenziehung, die nach Gesetzen, die von Thomson und dem jüngeren Darwin sehr scharfsinnig dargelegt worden sind, vor allem die Schichten einer gewissen Tiefe betrifft und die oberste Rinde zum Anpassen zwingt. Diese Auffassung führt uns mit einem Schlage zurück in die Entwickelungskette, der wir so lange, vom Nebelfleck an, gefolgt sind. Bloß eine neue Phase daraus zeigt sie uns, — eine Phase des starren, ins Innere hinein erkaltenden Planeten. Ungeheure Spannungen bahnen sich an in seiner scheinbar unbeweglichen Rinde. Durch den Seitendruck der Gewölbespannung erfolgen Zusammenschiebungen (Falten), weiterhin jähe Brüche und endlich ein Absinken der von der Gewölbespannung befreiten ungefalteten Teile. Aus den Bruchspalten aber quillt, plötzlich von oben entlastet, die flüssig gewordene Masse tieferer Schichten als „Lava“ hervor. Langsam, wie die Prozesse sich im allgemeinen vollziehen, ermangeln sie doch für den Bewohner der sich faltenden oder absinkenden Oberschicht nicht der unheimlichsten Begleiterscheinungen: nicht nur der unverhofft geöffnete Vulkan droht ihm Tod und Verderben, sondern vor allem bezeugt sich im Erdbeben das wühlende Leben der Tiefe. Hier merken wir unmittelbar, daß etwas vorgeht. Den eigentlichen Prozeß zu beobachten, bedürfte es umständlichster Detailmessung, wofür übrigens durch Heim schon eine Grundlage gegeben ist: er ist der Ansicht, daß an Schweizerbergen sich schon in dem Zeitraum von 30 Jahren meterbreite Verschiebungen nachweisen lassen; die Zukunft wird hier ein reiches und lohnendes Arbeitsfeld finden. Nach rückwärts aber eröffnet sich uns die weiteste Perspektive. Wenn Gebirgsbildung und Vulkanbildung in der Weise nur Ausdruck eines universalen Abkühlungsprozesses der Erde sind, so müssen sie seit ältesten Zeiten in Wirksamkeit gewesen sein, denn die Abkühlung

ist eine stete immerzu gewesen. Unsere Gebirge von heute sind relativ jung. Die der älteren geologischen Epochen müssen abgetragen, weggenagt sein durch dieselbe Erosion des Wassers und der Atmosphäre, die auch an unsern Hochgebirgen so deutlich die Konturen verwandelt fast vor unserm Blick. Die Erdoberfläche, nicht durch Katastrophen des Innern im Sinne Cuviers und Beaumonts zeitweise radikal verwüstet, hat doch langsam in Wirklichkeit unablässig ihr Antlitz verändern müssen im Kampfe des eisigen Weltraumes mit ihrer schwindenden Eigenwärme. Jeder Vulkanausbruch, jedes Erdbeben von heute zeugen nur für diese nie rastende Wandlung. Damit ist endgiltig unser Faden wieder geknüpft. Auch die Erde tritt uns geschichtlich viel sichtbarer, als es vage Spekulationen über den heute noch vorhandenen Wärmerest des Innern vermöchten, in die Linie der erkaltenden und eben deshalb sich verändernden, sich „entwickelnden“ Weltkörper.

Im Augenblick aber, da uns diese Fassung der Dinge wieder den sicheren Boden zurückgiebt, öffnet sich dem Auge ein neues Problem. Diese Umwandlungen der Erdoberfläche, wenn sie in dieser Weise dem Banne eines unerbittlichen Gesetzes folgend durch die Jahrmillionen der Erdgeschichte immer gleichen Schritt hielten und niemals die Gestaltung von Gebirg und Flachland, Meer und Land auch nur einen Augenblick zum Stillstand kommen ließen, — dieses ewig erneute Sichfalten, Zerspringen, Absinken, — dieses unablässige Aufquellen entlasteter Lavamassen, dieses Erzittern des in seiner Lage bedrohten Bodens . . . . sie alle mußten die denkbar günstigste Grundlage hergeben für eine stetige Umwandlung und immer wieder nötig gemachte Anpassung irgend welcher Bewohner dieser gleichsam unter dem Fuß dahinfließenden Erdrinde. Damit betreten wir ein neues, ein ungemein fruchtbares Gebiet. Es ist das Gebiet der Entstehung, Verbreitung und Wandlung des organischen Lebens.



Verlag von J. Neumann, Neudamm.

Prospekt.



Mit ca. 8000 Textillustrationen, zahlreichen schwarzen Tafeln und 100 bunten Karten und Tafeln.

Zu beziehen:

in 320 Heften à 30 Pf. = 18 Kr. ö. W. = 40 Ctms. oder in 16 Bänden, elegant in Leinen gebunden, à 7,50 M. = 4 fl. 50 Kr. ö. W. = 10 Francs.

Für die Abnehmer der ganzen Sammlung Generalregister zum Schluß gratis.

Die Werke sind auch einzeln käuflich.

Der „Hausschatz des Wissens“ ist eine Sammlung von gemeinverständlichen reich illustrierten Werken, welche die für das große Publikum wichtigsten Zweige des allgemeinen Wissens umfassen und zu den niedrigsten Preisen, bei bester Qualität des Gebotenen, auf den Büchermarkt gelangen.

Jedes dieser Werke bildet ein vollständig für sich abgeschlossenes Ganzes mit einem ausführlichen Register.

Die Gliederung des Gesamtunternehmens ist folgende:

Die Natur. Abteilung **I. Entwickelungsgeschichte der Natur** (Bd. 1 u. 2).
„ **II. Die Naturkräfte (Physik u. Mechanik)** (Bd. 3 u. 4).
„ **III. Die Lehre vom Stoff (Chemie)** (Bd. 5).
„ **IV. Das Mineralreich** (Bd. 6).
„ **V. Das Pflanzenreich** (Bd. 7).
„ **VI. Das Tierreich** (Bd. 8 u. 9).

Die Menschheit. „ **VII. Länder- und Völkerkunde** (Bd. 10 u. 11).
„ **VIII. Geschichte der Menschheit (Weltgesch.)** (Bd. 12 u. 13).
„ **IX. Kunstgeschichte** nebst Geschichte der Musik u. Oper (Bd. 14).
„ **X. Geschichte der Weltlitteratur** nebst einer Geschichte des Theaters aller Zeiten und Völker (Bd. 15 u. 16).
„ **XI. Gesamtregister** (Bd. 17). **(Gratiszugabe für die Abnehmer der ganzen Sammlung.)**


HAUSSCHATZ DES WISSENS

